



# HODNOCENÍ KOMFORTU MATERIÁLŮ AUTOMOBILOVÝCH SEDAČEK V REÁLNÝCH PODMÍNKÁCH

## Diplomová práce

Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství  
Studijní obor: 3106T017 – Oděvní a textilní technologie

Autor práce: **Bc. Alžbeta Samková**  
Vedoucí práce: Ing. Michal Komárek, Ph.D





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering



# EVALUATION OF COMFORT MATERIALS CAR SEATS IN REAL CONDITIONS

## Diploma thesis

Study programme: N3106 – Textile Engineering

Study branch: 3106T017 – Clothing and Textile Engineering

Author: **Bc. Alžbeta Samková**

Supervisor: Ing. Michal Komárek, Ph.D.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Alžbeta Samková  
Osobní číslo: T12000404  
Studijní program: N3106 Textilní inženýrství  
Studijní obor: Oděvní a textilní technologie  
Název tématu: Hodnocení komfortu materiálů automobilových sedaček v reálných podmínkách  
Zadávající katedra: Katedra materiálového inženýrství

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Z doporučené literatury a vlastní rešerší prostudujte problematiku materiálů pro konstrukci automobilových sedaček a problematiku hodnocení prodyšnosti a komfortu.
2. Na základě rešerše navrhnete vhodné materiály a jejich kombinace pro experimentální testování.
3. Experimentálně hodnotíte zvolené typy materiálů. Popište a porovnejte zvolené testovací metodiky.
4. Na základě experimentálních výsledků navrhnete možnosti optimalizace metodiky hodnocení komfortu materiálů pro automobilové sedačky.
5. Výsledky shrňte a definujte doporučení dalšího postupu zlepšení komfortu sedaček.



Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 45

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- [1] Song G., Improving comfort in clothing, Woodhead publishing Limited, 459 p., 2010, ISBN 978-1-84569-539-2.
- [2] Hes L., Sluka P., Úvod do komfortu textilií, Technická univerzita v Liberci, 33 s. 2005.
- [3] Paličuková M., Vývoj zařízení pro zkoušení prodyšnosti objemných materiálů za provozních podmínek, Liberec, 2009, 54 s. Diplomová práce na Fakultě textilní, Technické univerzity v Liberci. Vedoucí diplomové práce Ing. Ondřej Novák.
- [4] Šmelhaus J., Fyziologický komfort automobilových sedaček, Liberec, 2011, 67 s. Bakalářská práce na Fakultě textilní, Technické univerzity v Liberci. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
- [5] EN ISO 9237, Evropská norma, Textile - Zjišťování prodyšnosti plošných textilií, ČNI 1996.
- [6] Cengiz T. G., Babalik F. C., An on-the-road experiment into the thermal comfort of car seats, Applied Ergonomics, Volume 38, Issue 3, May 2007, 337-347 pp.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Komárek, Ph.D.

Ústav nových technologií a aplikované informatiky

Konzultant diplomové práce: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.


Katedra oděvnictví

Datum zadání diplomové práce: 1. března 2013

Termín odevzdání diplomové práce: 19. května 2014

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



  
prof. Ing. Jiří Militký, CSc.  
vedoucí katedry

dne

## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vzta- huje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tom- to případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elek- tronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

### **Poděkování**

Touto formou bych ráda poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Komárkovi Ph.D. za odborné vedení, cenné připomínky a velkou ochotu při vypracování této diplomové práce. A dále za velkou pomoc při tvorbě experimentu a vyhodnocování výsledků.

V neposlední řadě děkuji také svým rodičům za jejich morální podporu, trpělivost a možnost studia na této univerzitě.

## **Anotace**

Tato diplomová práce je zaměřena na stanovení vlivu stlačení pěnových materiálů využívaných v konstrukci automobilových sedaček na změnu prodyšnosti, resp. tlakové ztráty těchto materiálů. Prodyšnost materiálů je jedním z významných parametrů ovlivňujících komfort. Cílem této práce je navrhnout způsob měření změny tlakové ztráty při stlačování porézních materiálů simulující reálné podmínky. Teoretická část práce se zabývá konstrukčním řešením sedaček, jsou zde popsány jednotlivé druhy komfortu, způsoby hodnocení termofyziologického komfortu a v rešerši citovány směry a výstupy předcházejících prací zaměřených na hodnocení komfortu sedaček. Experimentální část práce se zabývá stanovením typických zatěžovacích tlaků, určením deformace vybraných materiálů v závislosti na působícím tlaku, navržením metody stanovení tlakové ztráty v závislosti na stlačení a experimentálním testováním této metody. V závěru práce jsou shrnuty a diskutovány výsledky experimentální části a jsou zde navržena možná zlepšení metodiky.

## **Annotation**

This thesis is focused on the assessment of the effect of the foam materials used in the construction of the car seats compression on the air permeability, or more precisely the pressure drop. The aim of this thesis is to propose a suitable way to measure the pressure drop, while compression of porous materials is applied, that simulates real conditions. The theoretical part of the thesis deals with the construction of car seats, types of comfort and evaluation methods of thermo physical comfort. In the literature retrieval, the approaches and outputs of the preceding research works focused on the car seat comfort assessment are concluded. Experimental part describes the measurement of the typical loading pressures, the measurement of the deformation of selected materials, the construction of the testing device and experimental verification of the measurement method. In the end of thesis, the results are discussed and the measurement method improvements are propounded.

---

**Klíčová slova:** Tlaková ztráta, Stlačení, Komfort, PU pěna, Automobilová sedačka, Dynamometr, XSENZOR.

**Key words:** Pressure drop, Compression, Comfort, PU foam, Car seat, Dynamometer, XSENZOR.



## Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>11</b>
<b>2 Teoretická část .....</b>	<b>12</b>
2.1 Historie vývoje komfortu sedaček .....	12
2.2 Složení sedaček .....	13
2.3 Rám sedačky .....	14
2.4 Výplň sedačky .....	14
2.5 Potah sedačky .....	16
2.5.1 Vrstva z tkaniny .....	17
2.5.2 Vrstva z pleteniny .....	17
2.5.3 Vrstva z usně .....	18
2.5.4 Střední a spodní vrstva .....	18
2.6 Komfort .....	19
2.7 Komfort psychologický .....	20
2.8 Komfort senzorický .....	20
2.9 Komfort patofyziologický .....	21
2.10 Komfort fyziologický (termofyziologický) .....	21
2.10.1 Chemická termoregulace .....	22
2.10.2 Fyzikální termoregulace .....	22
2.10.3 Odvod kapalné vlhkosti z povrchu lidského těla .....	24
2.11 Hodnocení termofyziologického komfortu u textilií .....	25
2.12 Měření relativní propustnosti vodních par dle normy ČSN 80 0855 .....	26
2.13 Metoda DREO .....	26
2.14 Měření pomocí SKIN MODELU .....	27
2.15 PERMETEST .....	28
2.16 Hodnocení prodyšnosti textilií .....	29
2.17 Výpočet termofyziologických vlastností .....	30
2.17.1 Relativní propustnost vodních par .....	30

---

2.17.2 Tepelný odpor .....	31
2.18 Inovace v oblasti automobilových sedaček .....	31
2.19 Předcházející práce zaměřené na vývoj a hodnocení komfortu sedaček .....	33
<b>3 Experimentální část .....</b>	<b>35</b>
3.1 Stanovení kontaktních tlaků .....	35
3.2 Stanovení deformace v závislosti na zatěžující síle .....	38
3.3 Stanovení změny tlakového spádu v závislosti na stlačení .....	42
3.3.1 Konstrukce testovacího zařízení .....	42
3.3.2 Úprava vzorků pro měření tlakové ztráty .....	46
3.3.3 Experimentální testování měřicí trati .....	47
<b>4 Shrnutí a diskuze výsledků .....</b>	<b>56</b>
<b>5 Závěr a doporučení .....</b>	<b>57</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>58</b>

---

## Seznam použitých symbolů a zkratek

### Slovní zkratky:

2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný
OEM	Original Equipment Manufacturer
PU	Polyuretan
VOC	Těkavá organická sloučenina (volatile organic compound)

### Fyzikální symboly:

%	Procento
$\Delta p$	tlakový spád [Pa]
$^{\circ}\text{C}$	Stupeň Celsia
A	plocha [ $\text{m}^2$ ]
cm	Centimetr
$\text{cm}^2$	Centimetr čtverečný
$\text{cm}^3$	Centimetr krychlový
F	Síla [N]
k	Koeficient propustnosti [ $\text{m}^2 \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$\text{kg}/\text{m}^3$	Kilogram na metr krychlový
l	Délka [m]
l/h	Litr za hodinu
l/min	Litr za minutu
m/s	Metr za sekundu
min	Minuta
ml/den	Mililitr za den
mm	Milimetr
mm/min	Milimetr za minutu
p	Tlak [Pa]
Q	Tok vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
r	Poloměr [m]
S	Plocha [ $\text{cm}^2$ ]
t	Tloušťka [m]
$\eta$	Viskozita [ $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ ]
$\phi$	Rychlost proudění [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

---

## 1 Úvod

Diplomová práce je v obecné rovině zaměřena na hodnocení komfortu automobilových sedaček. Pojem komfortu, jak bude detailně popsáno v teoretické a rešeršní části práce, je velmi rozsáhlý a zahrnuje širokou škálu aspektů, např. ergonomii, tepelný komfort, tlumení vibrací aj. Je zřejmé, že není účelné ani možné zabývat se v diplomové práci detailně veškerými aspekty hodnocení komfortu. Po prostudování již zkoumaných aspektů hodnocení komfortu publikovaných v předcházejících diplomových pracích bylo pro experimentální část práce zvoleno hodnocení změny prodyšnosti materiálů v závislosti na stlačení. Právě tato závislost má simulovat reálné podmínky v provozu. Tento materiálový parametr je dle konzultací s výrobcí pěnových materiálů jedním z aktuálně řešených problémů a je vhodnou zpětnou vazbou pro nastavení výrobních parametrů. Poznatky získané v experimentální části práce jsou uplatnitelné nejen pro vývoj automobilových sedaček, ale např. rovněž při vývoji kancelářských židlí. V obecné rovině je navržená testovací metoda vhodná pro typy materiálů, u nichž dochází ke změně prodyšnosti v závislosti na stlačení.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Historie vývoje komfortu sedaček

Autosedačky jsou samozřejmě nedílnou součástí automobilů už od jejich vzniku. Stejně jako automobil prochází neustálým vývojem a změnami, tak i sedadla v nich mají svůj vlastní vývoj. Zatímco na počátku vývoje automobilových sedaček byly na jejich použití a umístění v interiéru vozidla kladeny pouze základní nároky, dnes je požadováno zohlednění stále více aspektů. Jedná se zejména o aspekty bezpečnostní, ekonomické a ergonomické. Dříve bylo třeba vhodně a úsporně využít místo vzhledem k velikosti automobilu, takže bylo potřeba vyrábět taková sedadla, která nezabírala zbytečně mnoho místa a zároveň jejich výroba nebyla příliš drahá. V počátcích lze hovořit v podstatě o dřevěných lavicích, následně byl přidán potah a s přibýváním nároků přišla na řadu i výplň. Do luxusnějších limuzín se umisťovala velká, měkká, pohodlná křesla, která obsahovala pružiny. Luxus představovalo také kožené čalounění nebo velur. Právě velur byl po druhé světové válce považován za nejlepší materiál používaný na automobilových sedadlech. Z výše uvedeného plyne, že v běžných autech se na komfort a pohodlí velký důraz nekladl. Naopak dnes díky velké konkurenci, nabízí trh vcelku detailně propracovaná automobilová sedadla. Jednotlivé značky nabízejí různé alternativy, např. německá auta nabízejí spíše tužší sedačky, kdežto citroën nebo Renault mají měkčí sezení. [1]

Opěrka hlavy byla jedna z prvních prvků, které u sedaček zajišťovaly nejen pohodlí, ale také bezpečnost. Mohou být zhotoveny buď vcelku s opěradlem sedadla, nebo jako samostatná část, kterou můžeme nastavovat do různých poloh. Existují také takzvané aktivní opěrky hlavy, které při zadním nárazu zabraňují poranění krční páteře. Opěrky se na trhu objevily v sedmdesátých letech devatenáctého století. V této době se výrobci začali více zajímat o ergonometrii a fyziologický komfort sedadel. Dalším výrazným bezpečnostním prvkem, který je zabudovaný do bočního opěradla sedadla, je airbag. [2]

Výrobci samozřejmě nezůstali pouze u standardního vybavení. Proto, aby nám zpříjemnili pobyt v automobilu, vymýšlejí neustále nové inovace. Mezi takovéto inovace patřilo i ventilované sedadlo, které je dnes pro mnohá vozidla samozřejmostí. Mezi podstatné prvky komfortu lze zařadit i možnost individuálního segmentového

nastavení polohy. Sedadlo si dnes už můžeme nastavit například pomocí palubního počítače. Tímto způsobem lze ovládat polohu sedačky, bederní opěrku, bočnice sedáku anebo třeba výše zmíněné opěradlo. Do opravdu nadstandardně vybaveného automobilu patří také masážní funkce. (Obr. 1) Sedačky svými možnostmi nastavení, lze s nadsázkou srovnávat se zubařskými křesly. [1] [2]



*Obr. 1 Masážní sedadlo Lexus, převzato z [1]*

Protože využívání automobilu je dnes již běžnou součástí životního stylu a stále více lidí v něm tráví významný čas, je nutné, aby se cestující cítili nejen pohodlně, ale také bezpečně. Cílem výrobců je tedy nalézt materiály, které jsou prodyšné, příjemné na omak a zároveň mají dostatečnou životnost a sestavit sedačku tak, aby nejen odpovídala přirozenému posedu člověka, ale zároveň zajišťovala určitou ochranu.

## 2.2 Složení sedaček

Automobilové sedačky se skládají jak z textilních tak netextilních komponent. Obecně je můžeme rozdělit na:

- Rám sedačky      - ocel, dural
- Výplň sedačky    - PU pěna  
                             - Gumožíň
- Potah sedačky    - tkanina, pletenina, useň  
                             - PU pěna  
                             - Podšívká
- Opěrka hlavy

Jedním z problémů sedadel je jejich hmotnost. Ideálním by bylo dosažení co nejnižší hmotnosti, čím by došlo k určitému snížení z celkové váhy vozidla. Protože se ve většině případů nejedná pouze o základní části, ale mnoho sedaček má nadstandardní vybavení z důvodu zvýšení komfortu, jejich hmotnost mnohdy značně vzroste. Toto je jedním z faktorů, který má za následek zvyšování spotřeby paliva. A vzhledem k tomu, že cena a spotřeba vozidla je jedním z aspektů výběru zákazníka, je tento faktor důležitý. [2]

### **2.3 Rám sedačky**

Základem automobilové sedačky je ocelová konstrukce, která tvoří kovový rám. Ten se skládá ze dvou částí. Jedna z částí je sedák uchycený na karoserii vozu pomocí posuvného zařízení, což umožňuje posuv sedadla vpřed a vzad. Druhou část tvoří opěradlo, na němž jsou umístěny držáky pro opěrku hlavy. Na samotném rámu jsou upevněny také plastové díly, elektroinstalace a mechanismus naklápění opěradla. [2]

### **2.4 Výplň sedačky**

Nejčastěji používaným materiálem, používaným jako výplň, je polyuretanová pěna. PU pěna je sloučenina polyolu a izokyanátu. Jejich poměr určuje výsledné chemické a fyzikální vlastnosti produktu. Zatím co polyoly tvoří takzvanou měkkou složku (měkké segmenty), izokyanáty zastupují tvrdé segmenty, jejichž cílem je přenášet tuhost polymeru. Jednotlivé díly sedačky jsou tvořeny odlitím do forem. Tyto formy mají tvar hotového výrobku a je možné do nich přidat výztuhy, nebo například různé kotvící prvky, které se následně zapění. Čas, který je určen pro odformování, se pohybuje od tří až po několik desítek minut. Po vyjmutí z formy je třeba nechat pěnu takzvaně zrást, typicky 24 hodin. Používání tohoto materiálu se osvědčilo zejména pro jeho flexibilitu a spolehlivost. Zabezpečuje komfort díky tomu, že pohlcuje vibrace, hluk a má vynikající tepelně izolační vlastnosti. Vlastnosti PU pěny ovlivňuje také molekulová hmotnost polymeru. Nevýhodou této výplně je její nízká vodivost vzduchu a vodních par. Pro zjištění odpovídající kvality se provádí různá testování. Specifické jsou zkoušky tuhosti při vtlačování, odolnost proti trhání/tažnosti, hořlavosti, stárnutí, pevnost proti promáčknutí a únavové zkoušky při kmitavém napětí. [2][3][4]

Důležitým faktorem pro výrobce není pouze primární výroba, ale řešena je rovněž recyklace.

*„V současné době je asi okolo 90 % pevného odpadu opět použitého pro alternativní proces. Znovu zpracované kusy pěn jsou řezané a používány skoro výhradně ve výrobě podkladů pro koberce (tlumení, zmírnění dopadu), ale taktéž i v automobilech jako distanční podložky, pomocí kterých zabráníme vibracím.“ [3]*

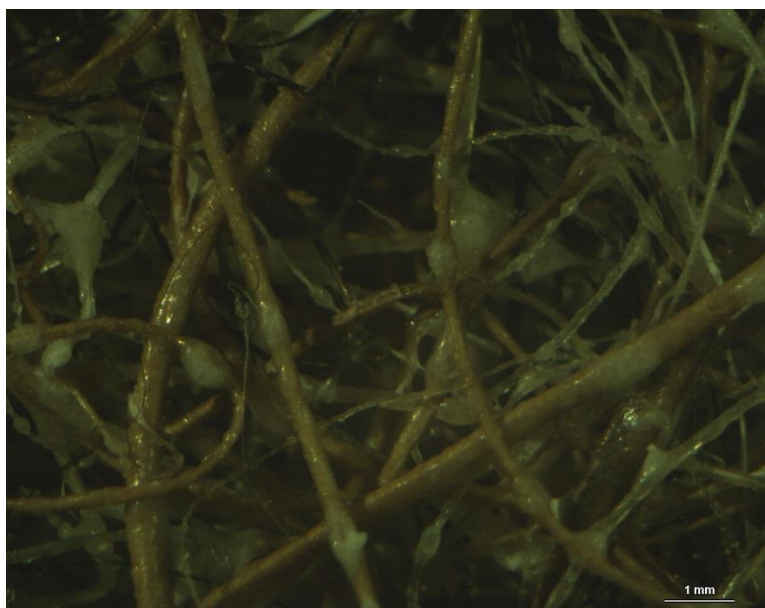
*„Efektivní způsob chemické recyklace měkkých PU pěn představuje glykolýza. Recyklát můžeme úspěšně aplikovat při syntéze nových PU materiálů, především PU pěn bez toho, aby došlo ke snížení kvality.“ [3]*

Recyklát lze použít pro výrobu nových výplní a to bez toho aniž by došlo ke snížení kvality. PU pěna není příliš vhodná k recyklaci, proto je snaha najít jiný, ekologicky vhodnější materiál. [2][3][4]

Méně využívaným materiálem k výrobě sedaček je gumožín. (Obr. 2) V podstatě se jedná o rouno tvořené rostlinnými a živočišnými vlákny, nejčastěji se používají kokosová vlákna spolu se zvířecí srstí. Pojivo, které pokrývá celý povrch vláken je kaučukovitého nebo akrylátového typu. Struktura se odvíjí od typu pojeného materiálu a od množství použitého pojiva. V místě překřížení vláken vzniká vazný bod, díky tomu, že je tento bod pevný se docílí vyšší tuhosti, pružnosti a ovlivňuje odolnost vůči namáhání.

Výroba gumožín se skládá z několika operací: příprava vlákenné suroviny, tvorba rouna, postřik pojivem, vulkanizace a zpevnění, formování, tvarování a zpevnění, pomocné procesy [3]





*Obr. 2 Struktura gumožíně, převzato z [3]*

## 2.5 Potah sedačky

Automobilové potahy jsou nejčastěji tvořeny následujícími vrstvami, které se následně při vysoké teplotě a tlaku laminují:

- tkanina, pletenina, přírodní nebo syntetická useň, polyvinylchlorid
- polyuretanová pěna
- podšívka

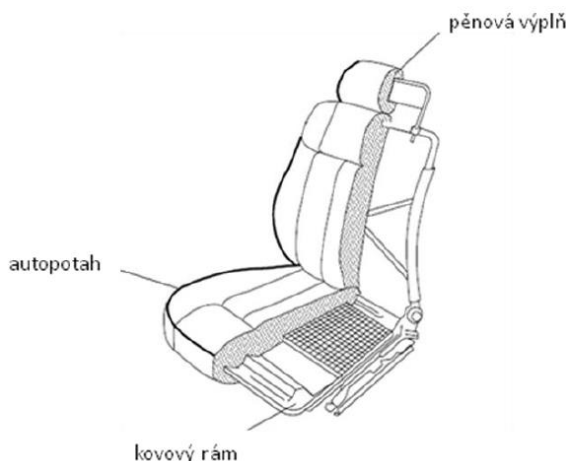
Jednotlivé díly potahu jsou spojovány sešíváním. Ke spojovacímu procesu se používají speciální nitě, které musejí splňovat definované parametry, např. stálobarevnost, po celou dobu užívání vozidla a odolnost vůči ultrafialovému záření. Důležitá je také vysoká pevnost nitě, ovšem u této podmínky je třeba brát v potaz boční airbag. Při jeho aktivaci musí dojít k destrukci švu (dochází k přetržení příze, ne k protržení textilie), tak aby mohl účinně fungovat.

K sešívání autopotahů se používají dvoujehlové šicí stroje s horním patkovým podáním. Rychlost těchto strojů se pohybuje kolem 2800 stehů za minutu. Tato rychlost představuje problém v podobě tření, čímž vznikají vysoké teploty mezi jehlou a materiálem. Z tohoto důvodu se volí materiál opatřený povrchovou úpravou na snížení tření. Pro schopnost prodloužení a odolnost v oděru se používá polyesterová vícenásobně skaná příze z důvodu nepřetržitého namáhání pohybem a tlakem.

Na potahu je vytvářen jednoduchý hřbetový šev třídy 1.01.01. Dále se na spojování používá dvounitný vázaný steh třídy 301, který má dostatečnou pevnost. Mezi nevýhody tohoto stehu patří malá tažnost a omezená zásoba spodní nitě. [2][5]

### 2.5.1 Vrstva z tkaniny

V automobilech řazených do střední nebo nižší třídy bývají tkané potahy pro jejich nízké náklady a zároveň dobré uživatelské vlastnosti. Tkanina se vytváří pravoúhlým provázáním, nejčastěji dvou soustav nití. Podélná soustava je nazývána osnovou a příčná útkem. V místě překřížení osnovy a útku vzniká tzv. vazný bod. Způsob, kterým se textilie tká (druh vazby), ovlivňuje výsledné vlastnosti tkaniny. Autopotahy se nejčastěji zhotovují v plátňové, keprové nebo atlasové vazbě. Materiálem používaným pro jejich výrobu jsou přírodní nebo syntetická vlákna (nejčastěji polyester). Nejčastější využití je na hlavní dílce sedáku, opěradla, hlavové opěrky a popřípadě boční díly. (Obr. 3) [2][5]



Obr. 3 Díly autosedačky, převzato z [5]

### 2.5.2 Vrstva z pleteniny

Pleteninu lze definovat jako plošný útvar, který vzniká vytvářením a proplétáním oček ve směru sloupku, nebo řádku nejčastěji jedné soustavy nití. Podle způsobu zpracování je lze rozdělit na zátažné a osnovní. Nejčastěji se používá vazba plyšová. Hovoříme tedy buď o plyši řezaném, nebo smyčkovém. Základem je jednolící pletenina, ve které se ke každému řádku váže určitým způsobem přídavná příze, která na povrchu vytváří kličky.

V dnešní době se využívají také tzv. distanční (3D) pleteniny. (Obr. 4) V podstatě jde o provázání dvou plochých, nezávisle na sobě vytvořených pletenin další soustavou nití. Vyrábí se v různých tloušťkách a plošných hmotnostech, mají velkou prodyšnost, díky čemuž umožňují dobrou propustnost vodních par a rychlé sušení. Při použití do sedáku automobilu lze hovořit o zvýšení komfortu. Důvodem je optimálnímu rozložení tělesné hmotnosti a zajištění ventilace mezi sedačkou a uživatelem. V budoucnu by mohly nahradit PU pěnu, což by bylo výhodné i po ekologické stránce. [2][3][5]



*Obr. 4 3D distanční pletenina [6]*

### **2.5.3 Vrstva z usně**

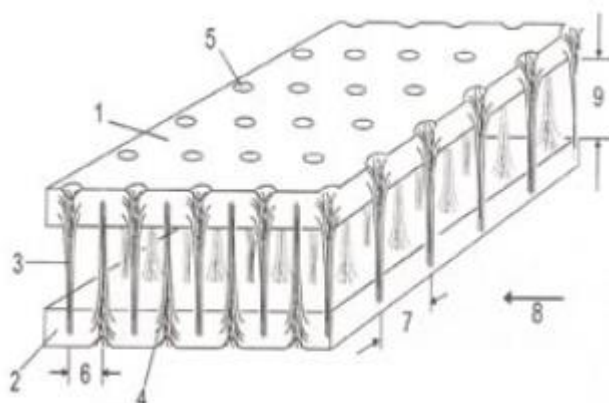
Zpracováním kůže ze živočichů získáme přírodní usně. V automobilovém průmyslu se používá tzv. autočalounická usně, ta svými vlastnostmi musí vyhovovat nejen zpracovateli, ale hlavně zákazníkovi. Takovéto usně mají různé úpravy, mezi nejčastěji používané patří krycí pigmentová úprava a lakování polyuretanem, což zlepšuje její pevnost v oděru. Takto upravené usně patří do nadstandardní výbavy vozidla, to znamená, že zákazníkovi bude nabídnuta za vyšší pořizovací cenu. Další možností je kombinace přírodní usně s umělou kůží nebo textilním potahem.

Jako umělá kůže se používá materiál zvaný Alcantara. Vyrábí se z ultrajemných vláken, díky tomu připomíná povrch semišovou plyš. Vlákná jsou zastoupena z 68 % polyesterem, který dodává pevnost a ze 32 % polyuretanem, ten zajišťuje jemnost. V porovnání s přírodní usní je tento materiál o 30 % až 50 % lehčí, má lepší prodyšnost, vzdušnost a odolnost vůči oděru. Výhodou je také velké množství barevných odstínů. [2][5]

### **2.5.4 Střední a spodní vrstva**

Střední vrstvu tvoří polyuretanová pěna, která je výše popsána. Kromě distančních pletenin se používá také 3D netkaná textilie jako je například Spacer. Tento materiál má velmi dobré mechanické vlastnosti, zejména kompresní. Což je dáno vertikální

orientací vláken. (Obr. 5) Spodní vrstva (podšívková) je z osnovní pleteniny, vyrábí se polyesterová nebo polyamidová. [2]



Obr. 5 Struktura textilie Spacer [7]

## 2.6 Komfort

Jak už bylo řečeno, u automobilových sedaček se neklade důraz jen na bezpečí cestujícího, významnou roli má také to, jak se člověk cítí. Proto je v této kapitole komfort popsán obecně a je zde uvedeno jeho dělení.

Komfort lze obecně považovat za takový stav lidského organismu, kdy člověk pociťuje pohodlí. Znamená to tedy, že nejsme vystavováni žádným nepříjemným vjemům z našeho okolí (nepřetrvává pocit tepla, ani pocit chladu) a je možné v tomto stavu přetrvat a také pracovat. Lidé komfort vnímají všemi svými smysly v následujícím pořadí, které je dané podle jejich důležitosti. Výjimku tvoří pouze chuť, podle které stav pohody nezjišťujeme. Těmito smysly jsou hmat, zrak, sluch a čich. [8][9]

*„Při diskomfortu mohou nastat pocity tepla nebo chladu. Pocity tepla se dostavují při větším pracovním zatížení nebo při působení teplého a vlhkého klimatu. Pocity chladu se dostavují především jako reakce na nízkou teplotu klimatu nebo nízké pracovní zatížení. Komfort lze zjednodušeně definovat jako absenci znepokojujících a bolestivých vjemů.“ [8]*

Komfort dělíme na: psychologický, senzorický, patofyziologický, fyziologický (termofyziologický)

## 2.7 Komfort psychologický

Tento druh komfortu je možné vnímat hned z několika možných hledisek:

Klimatická hlediska: závisí na geografii (místo na zeměkouli kde se nacházíme), tedy respektují dané tepelně - klimatické podmínky.

Ekonomická hlediska: zahrnuje kategorie jako podmínky obživy (přírodní), politický systém, výrobní prostředky, stupeň technologie, ...

Historická hlediska: jsou postavená na tradici, životním stylu a tedy i módě. Upřednostňování výrobků z přírodních materiálů nebo jejich napodobování.

Kulturní hlediska: patří sem tradice, zvyky, náboženství, obřady, ...

Sociální hlediska: věk, vzdělání, kvalifikace, sociální třída a postavení nebo pozice v této třídě. Lze vyjádřit společenské postavení zvolením odlišného oděvu.

Skupinová a individuální hlediska: jedná se o módní vlivy, trendy, různé styly a barvy, lesk, osobní preference, ... [8][9]

## 2.8 Komfort senzorický

V případě tohoto komfortu mluvíme o pocitech a vjemech, které člověk vnímá při přímém styku pokožky s první vrstvou oděvu. Pocity, které vznikají právě při tomto druhu styku, se mohou jevit jako příjemné (měkkost, splývavost) nebo naopak jako nepříjemné a dráždivé (škrábání, tlak, píchání, lepení, kousání, vlhkost).

Senzorický komfort můžeme rozdělit do dvou základních skupin a to na komfort nošení a omak.

Omak je veličina zkoumaná pomocí prstů a dlaně. Z čehož vyplývá, že je subjektivní a špatně reprodukovatelná. Při zjednodušení lze tuto vlastnost charakterizovat: hladkostí, tuhostí, objemností, tepelně – kontaktní vjem.

Komfort nošení oděvu obsahuje:

- Povrchovou strukturu použitých materiálů.

- Vybrané mechanické vlastnosti ovlivňující rozložení sil a tlaků v oděvním systému.
  - Schopnost textilií absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost s dopadem na své kontaktní vlastnosti (souvisejí s komfortem fyziologickým).
- [8][9]

## 2.9 Komfort patofyziologický

Odolnost člověka, konkrétně lidské pokožky vůči účinkům chemických látek, které jsou obsaženy v textilních materiálech, ovlivňuje působení patofyziologických vlivů. Dalším aspektem je růst mikroorganismů vyskytujících se v mikroklimatu omezené povrchem textilie a lidského těla. Jedná se tedy o působení mikroorganismů vyskytujících se na lidské pokožce a zároveň chemických substancí obsažených v materiálu.

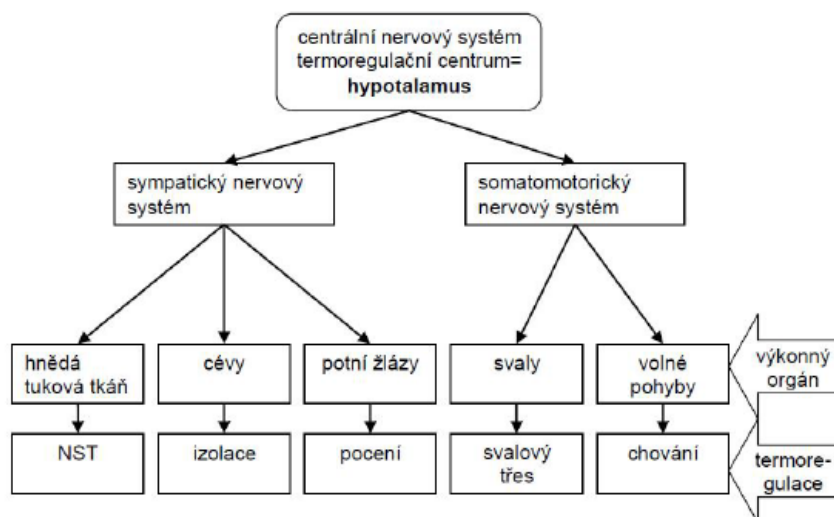
V současné době se provádí výzkum zabývající se vzájemnou invariancí lidského organismu a textilu. Cílem je nasměrovat textilní výrobu tak, aby příslušné výrobky měly minimální dráždivost pokožky a zároveň maximální antimikrobiální účinnost. Pro dosažení takového účinku lze použít určité chemické úpravy (hygienické, baktericidní, ...) na plošných textiliích nebo na samotných vláknech. Moderní úpravou se stalo aplikování stříbrných nanočástic vkládaných do původního polymeru. [8][9]

## 2.10 Komfort fyziologický (termofyziologický)

Tento druhu komfortu lze popsat jako systém regulující teplotu lidského organismu tak, aby za ideálních podmínek docházelo k udržování vnitřní teploty v daném teplotním intervalu. (*Obr. 6*) Hovoříme tedy o stavu fyziologické, fyzické a psychologické harmonie mezi člověkem a okolím. Podmínky, za kterých nastává termofyziologický komfort jsou tedy následující:

- relativní vlhkost vzduchu  $50 \pm 10 \%$
- rychlost proudění vzduchu  $25 \pm 10 \text{ cm.s}^{-1}$
- obsah  $\text{CO}_2$  0,07 %
- teplota pokožky 33 – 35 °C
- nepřítomnost vody na pokožce [8]

Optimální tělesné teplo je zhruba 37°C, což je teplota při které bez problémů probíhají veškeré životní funkce. Vnitřní teplota lidského organismu zůstává konstantní, pokud množství tepla, které člověk vyprodukuje, se rovná teplu odevzdaného do vnějšího okolí. [8][9]



Obr. 6 Termoregulační systém lidského těla [8]

Schopnost lidského organismu udržovat stálou tělesnou teplotu i přes skutečnost, že produkce, příjem a ztráty tepla se neustále mění, nazýváme termoregulací. Hovoříme tedy o procesu, při kterém probíhají metabolické přeměny. Vzhledem k těmto skutečnostem dochází k udržování stálé tělesné teploty buď chemickou, nebo fyzikální termoregulací. [8][9]

### 2.10.1 Chemická termoregulace

Chemická termoregulace představuje látkovou přeměnu. Jedná se tedy o intenzitu chemických reakcí (tvorba tepla). Intenzita těchto reakcí je závislá na fyzické aktivitě organismu a ne jeho činnosti. [8]

### 2.10.2 Fyzikální termoregulace

Hovoříme o tvorbě a výdeji tepla, což obecně lze nazvat jako odvody tepla z organismu do okolního prostředí. Tělo tuto energii v podobě tepla vylučuje, protože je nadbytečnou pro udržení chodu bazálního metabolismu a optimální tělesné teploty.

Zmiňujeme-li přenos tepla, je nutné dodat, že k tomuto jevu dochází pouze z prostředí s vyšší teplotou do prostředí s teplotou nižší. [8]

Přenos tepla z lidského organismu do okolního prostředí můžeme rozdělit následujícím způsobem:

- Přestupem tepla:
  - Konvekcí (prouděním)
  - Kondukcí (vedením)
  - Zářením
- Evaporací (odpařování potu)
- Respirací (dýchání)

### **Konvekce**

Je nejvýznamnějším přenosem tepla probíhající mezi člověkem a prostředím. Transport je zprostředkováván částicemi tekutin. Při tomto jevu vzniká tepelná mezní vrstva o určité tloušťce, která zapříčiňuje teplotní spád. Vznik této mezní vrstvy se nachází mezi proudícím prostředím a objektem a její tloušťku ovlivňuje způsob proudění tekutiny. Při laminárním proudění bude tloušťka mezní vrstvy vyšší, než pokud bude proudění turbulentní. Konvekci lze ještě rozdělit na přirozenou a nucenou. Přirozená konvekce vzniká působením vztahových sil, oproti tomu nucená konvekce vzniká působením vnějších vlivů. [2][8][10]

### **Konduktce**

Pokud nastane případ, že lidská kůže bude v přímém kontaktu s chladnějším prostředím, dochází až k 5 % ztráty tepla. Tento přenos je realizován zejména chodidly a zadní částí těla v případě, že sedíme nebo při spánku. Konduktce je tedy hlavní mechanismus přenosu tepla v tenkých vrstvách v oděvních systémech. Obecně platí, že čím vyšší je tepelná vodivost, tím nižší je teplotní odpor. [2][8]

### **Přenos tepla zářením**

Tento způsob přenosu si lze představit jako elektromagnetické záření, které se šíří prostorem. Záření vzniká na základě kmitání nabitých částic, ze kterých se těleso skládá. Množství energie, které těleso vyzáří je větší, čím je vyšší teplota. Přenos tepelného toku je uskutečňován pomocí viditelných i neviditelných



elektromagnetických vln. Při dopadu tohoto záření na povrch tělesa může dojít k odrazu, k pohlcení nebo k průchodu záření tělesem. Zářením může člověk ztratit až 60 % tepla a to v prostoru s běžnou pokojovou teplotou. [2][8]

### **Evaporace**

Tento pojem představuje odpařování vody (potu) z lidského těla. Jev nastává, pouze pokud se člověk nachází v teplém prostředí a při jeho zvýšené aktivitě. K maximálním ztrátám dochází, až když je pokožka kompletně vlhká. Množství vypařeného potu činí u dospělého člověka 450 – 600 ml/den. V případě, že klimatické podmínky překračují teplotu 34°C se množství potu udává v litrech. Hovoříme tedy asi o 0,7 l/den. [2][8][10]

### **Respirace**

Proces, při kterém organismus ztrácí své teplo prostřednictvím dýchání. Tuto ztrátu způsobuje ohřev a zvlhčení vzduchu, kterého vdechujeme, v dýchacím ústrojí. Vlhkost a teplota vdechovaného vzduchu jsou faktory, které ovlivňují teplotu vzduchu vydechovaného. Na tlaku par obsažených ve vdechovaném vzduchu je závislá vlhkost vydechovaného vzduchu. Respirace se rozděluje na citelnou a latentní. [2][8][10]

#### **2.10.3 Odvod kapalné vlhkosti z povrchu lidského těla**

Člověk vylučuje vodu v podobě potu v rámci své termoregulační činnosti. Lidské tělo uvolňuje do okolí přibližně  $0,03 \text{ l.h}^{-1}$  potu pokud má kůže teplotu do 37°C. Jestliže teplota kůže převyšuje tuto hodnotu, dochází k vylučování až  $0,7 \text{ l.h}^{-1}$ . K ochlazení lidského organismu dochází při odpařování potu. Jedinou podmínkou odparu na volném povrchu kůže je dostatečný rozdíl parciálních tlaků páry. Složitější situace nastává, pokud je člověk oblečený. Zde, je transport vlhkosti řízen jinými principy: difúzí, kapilárně, sorpčně [8]

### **Difúze**

Tento jev probíhá díky pórům, které zabezpečují prostup vlhkosti z povrchu kůže přes textilii. Velikost a křivolakost pórů jsou také jednou ze složek, které se účastní na kapilárním odvodu. Vlhkost proniká textilií směrem, který odpovídá nižšímu parciálnímu tlaku vodní páry. U jednotlivých oděvních vrstev se sčítají difúzní odpory a důležitou roli tu hraje také odpor vzduchových mezivrstev. [8]

### **Kapilární odvod**

Kapalný pot, který ulpívá na kůži, se dostává do kontaktu s první textilní vrstvou. Následně pomocí kapilárních cest dochází ke vzlínání do plochy textilie všemi směry. Jde o takzvaně knotový efekt. Pokud chceme dosáhnout větší intenzity odvodu vlhkosti, je třeba zajistit co nejmenší prostor mezi speciálně tvarovanými vlákny a kompaktní strukturu příze. Pohyb vlhkosti se zajistí dostatečně malou adhezí mezi vláknem a kapalinou. [8]

### **Sorpce**

Jedná se o nejpomalejší proces. Podmínkou je použití textilie, která má alespoň nějaký podíl sorpčních vláken. Ovšem pokud chceme uvažovat o sorpci, je nutné nejprve předpokládat, že vzniká vlhkost či kapalný pot v neuspořádaných mezimolekulárních oblastech ve struktuře vlákna. Tyto oblasti se posléze navážou na hydrofilní skupiny v molekulové struktuře. [8]

Transportu vlhkosti se výše zmíněné mechanismy zúčastní současně. Přičemž mezi rychlejší mechanismy patří kapilární odvod a difúze. Sorpce, jak již bylo řečeno, představuje pomalejší mechanismus. [8]

## **2.11 Hodnocení termofyziologického komfortu u textilií**

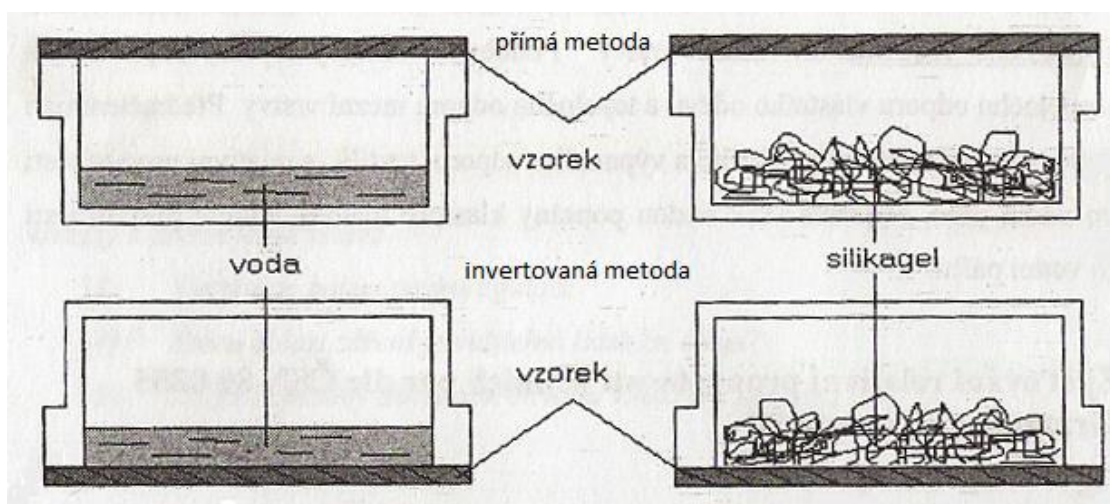
Hodnocení komfortu u textilií lze zjednodušeně specifikovat pomocí základních parametrů: tepelného a výparného odporu. Pro hodnocení fyziologického komfortu existují dva způsoby měření. V prvním případě probíhá měření na základě přesného charakterizování daného fyzikálního děje. Tento způsob je uskutečňován bez přímých podmínek, uplatňovaných v systému pokožka – oděv – prostředí. Jedná se o takzvaný skin model. Druhý způsob je založený na podmínkách, které jsou blízké fyziologickému režimu lidského těla. Tento druh měření je v posledních letech upřednostňován díky věrnějšímu hodnocení fyziologického komfortu. [8]

Rozdíl parciálních tlaků vodních par na povrchu lidského těla a okolním prostředím a zároveň také na propustnosti vodních par oděvem udává úroveň ochlazování lidského organismu. Při ochlazování těla, v podobě odpařování potu z povrchu pokožky, má důležitou úlohu výparný odpor. [8]

## 2.12 Měření relativní propustnosti vodních par dle normy ČSN 80 0855

Princip takzvané gravimetrické metody spočívá v upevnění kruhového vzorku na hliníkovou eloxovanou misku, která obsahuje silikagel. Toto vysoušedlo (silikagel) zajišťuje nulovou relativní vlhkost na spodní straně textilie. Před expozicí v klimatizační skříni, která probíhá po dobu šesti hodin, je potřeba misku i s upevněným vzorkem zvážit. Po dobu klimatizování je třeba v přístroji udržovat následující podmínky: relativní vlhkost  $60 \pm 2\%$ , maximální proudění vzduchu  $0,2 \text{ m/s}$  a teplota  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Následně se vzorek s miskou zváží znovu a provede se výpočet relativní propustnosti a absolutní propustnosti.

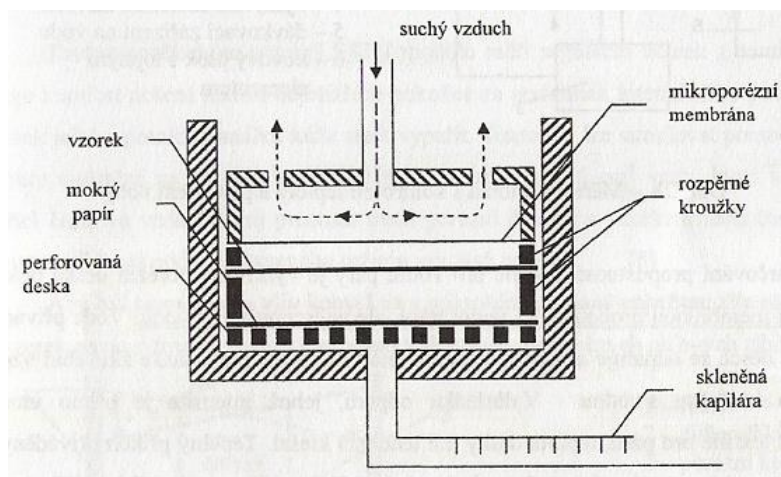
Samotnou zkoušku lze rozdělit na přímou a invertovanou (nepřímou). Rozdíl mezi nimi je patrný z obrázku. (Obr. 7) Nevýhodou této metody je časová náročnost a nepřesnost, zapříčiněná časově nelineární sorpcí silikagelu. [8]



Obr. 7 Gravimetrické metody hodnocení prodyšnosti [8]

## 2.13 Metoda DREO

Princip spočívá v upevnění vzorku na podložku mezi dvě polopropustné vrstvy, přičemž přes vrchní vrstvu proudí suchý vzduch a pod spodní vrstvou je voda. (Obr. 8) Vrchní vrstva chrání vzorek proti průniku vzduchu a spodní vrstva před vodní hladinou. Na stupnici skleněné kapiláry se pomocí rozdílu určuje ztráta vody. Délka měření je 15 minut. [8]



Obr. 8 Difuzimetr [8]

## 2.14 Měření pomocí SKIN MODELU

Podstatou je simulace procesů, ke kterým dochází mezi lidskou pokožkou a okolím, tedy přenosu tepla a hmoty. Tuto představu v přístroji uskutečňuje vyhřívaná a zavlhčovaná porézní deska označovaná jako „model kůže“. Měření můžeme uskutečňovat buď separátně, nebo v měnících se vnějších podmínkách. Variabilitu vnějších podmínek představuje relativní vlhkost, rychlost proudění vzduch a kombinace různých teplot. Zkouška zahrnuje jeden nebo oba přenosy. Výsledky vyhodnocené tímto přístrojem mohou odpovídat jak rozdílným ustáleným, tak i proměnlivým okolním podmínkám nošení oděvu. [8]

### Stacionární podmínky zkoušky:

Na desku o teplotě  $35^{\circ}\text{C}$  se umístí zkušební vzorek. Deska je elektricky vyhřívaná a obtéká ji vzduch rychlostí  $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , který má teplotu  $20^{\circ}\text{C}$  (měření tepelného odporu) nebo  $35^{\circ}\text{C}$  (měření propustnosti vodních par). Vzduch musí proudit paralelně s povrchem desky. Příkon vytápěné desky se měří po ustálení podmínek celého systému nejčastěji wattmetrem. [8]

Při měření propustnosti vodní páry skrz textilií se vyhřívaná porézní deska opatří celofánovou membránou, která propouští vodní páry, ale nepropustí vodu. K vyhřívané desce se přivede voda, odpaří se a skrz membránu prochází jako pára. Díky tomu zkušební vzorek nepřichází do styku s vodou. Teplota vyhřívané desky má tendenci klesat v důsledku odparu. Z toho důvodu je měřicí deska obklopena (ze spodu a ze stran) izotermní plochou, která je elektricky stabilizovaná. [8]

Nevýhodou je vysoká tepelná setrvačnost celého zařízení. Měření může probíhat více jak jednu hodinu. Při průběhu zkoušky může ve zkušebním vzorku dojít ke kondenzaci vlhkosti, což v důsledku zkresluje výsledky měření. [8]

#### Nestacionární podmínky zkoušky:

Tímto způsobem lze měřit regulační účinek z parní fáze. Určuje ho komfort nošení textilií, které jsou nejbližší pokožce za podmínek intenzivního pocení (pot se z potních kanálků stačí vypařit). K simulaci těchto podmínek používáme hydrofilní tkaninu umístěnou na porézní, vyhřívané desce, která je zvlhčená 4 cm<sup>3</sup> vody. Voda se v průběhu zkoušky odpařuje. V průběhu měření se zaznamenává časový průběh teploty a vlhkosti podle nastaveného režimu impulsů pocení. Se vzorkem lze rytmicky pohybovat, čímž se napodobuje vliv konvekce v mikroklimatu, který je dán pohybem těla. [8]

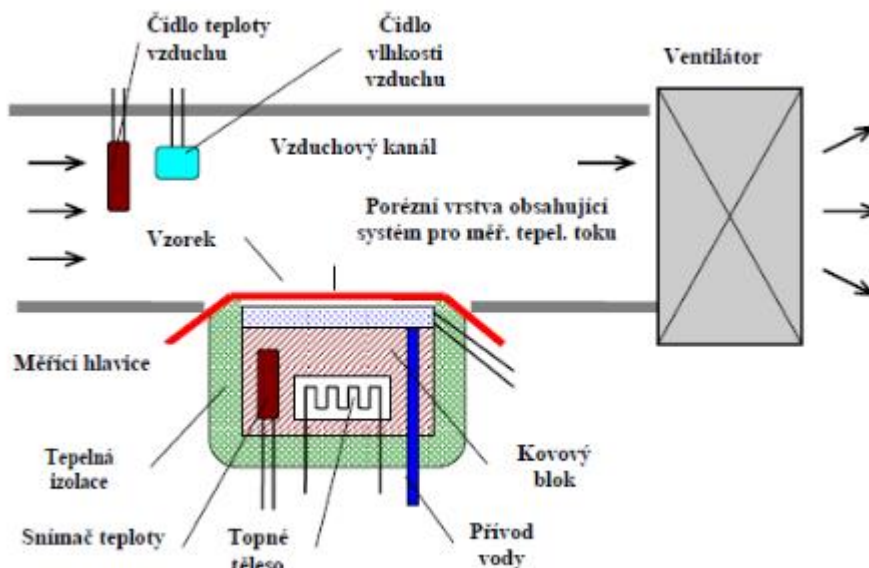
## **2.15 PERMETEST**

Je založený na měření pomocí SKIN MODELU. Provádí se přímé měření tepelného toku, který prochází povrchem simulované lidské pokožky. Tento model má porézní povrch a je zvlhčován, čímž se napodobuje ochlazování v důsledku vylučování potu. Mezi povrch modelu a měřeného vzorku se vkládá separační fólie, která zajišťuje propustnost vodní páry a zároveň nepropouští vodu. Vnější strana vzorku je při měření ofukována.

Paropropustnost a výparný odpor se měří pomocí elektricky vyhřívané hlavice, jejíž teplo regulátor udržuje většinou na 20 – 23°C, což odpovídá teplotě okolního vzduchu, který je do přístroje nasáván. Tím jsou zajištěny izotermické podmínky měření. V porézní vrstvě se vlhkost přeměňuje v páru procházející přes separační fólii a vzorek. Speciálním snímačem se měří příslušný výparný tepelný tok. Naměřená hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie nebo nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu. V případě obou možností se nejprve provede měření tepelného toku bez vzorku a následně se vzorkem, přístroj zaznamenává odpovídající tepelné toky.

Tepelný odpor textilního vzorku se měří na suché hlavici, která má o 10 – 20°C vyšší teplotu, než má okolní vzduch. Opět je zaznamenáván tepelný tok, který se konvekcí odvádí do okolního prostředí.

Přístroj PERMETEST (Obr. 9) lze použít k měření v jakýchkoli běžných klimatických podmínkách. Nespornou výhodou je též krátká doba měření. [8]



Obr. 9 PERMETEST – schéma přístroje [2]

## 2.16 Hodnocení prodyšnosti textilií

Prodyšnost je dle normy ČSN EN ISO 9237 definována jako rychlost proudícího vzduchu, který prochází zkušebním vzorkem kolmo. Zjišťování prodyšnosti probíhá při specifických podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu. Prodyšnost je úzce spjata s porozitou. Právě póry umožňují vzduchu prostupovat skrz materiál. Podle výše zmíněné normy je podstatou zkoušky měření rychlosti proudění vzduchu. Pro testování je doporučena zkušební plocha  $20 \text{ cm}^2$  a pro technické textilie se používá tlakový spád 200 Pa. [11]

Podle Hagen-Poiseuillova zákona je prodyšnost popsána jako objemový tok vzduchu, který je vyvolaný gradientem okolního tlaku. Tlakový rozdíl urychluje proudění vzduchu v kapiláře ve směru nižšího tlaku. Vztah mezi rychlostí proudění a tlakovým spádem skrz kapiláru lze popsat následovně: objem tekutin procházející skrz kapiláru za jednotku času je přímo úměrný tlakovému spádu mezi jeho koncem a čtvrté mocnině vnitřního poloměru a je nepřímo úměrný jeho délce a viskozitě kapaliny. Rozsah proudění tekutin ovlivňují vnitřní průměr a délka kapiláry. Aplikace tohoto zákona se vztahuje pouze na nestlačitelné kapaliny v laminárním systému. [3][12]

$$\Delta p = \frac{8\eta l \varphi}{\pi r^4} \quad (1)$$

Kde  $\eta$  [Pa.s<sup>-1</sup>] je viskozita,  $l$  [m] je délka,  $\varphi$  [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>] je rychlost proudění a  $r$  [m] poloměr kapiláry.

Zjednodušením Hagen-Poiseuillova vztahu je Darcyho zákon. Prvotní význam byl popis rychlosti průtoku tekutin pevným porézním tělesem. Následně došlo k zobecnění. Vyplývá z něj, že závislost rychlosti proudění na tlakovém spádu je lineární. Využívá se pro charakterizování proudění v pórech. [3][13]

$$Q = \frac{A \cdot \Delta p \cdot k}{t} \quad (2)$$

Kde  $Q$  [m<sup>3</sup>.s] je tok vzduchu,  $A$  [m<sup>2</sup>] je plocha vrstvy kolmá ke směru toku,  $\Delta p$  [Pa] je rozdíl tlaku před a za vrstvou – tlakový spád,  $t$  [m] je tloušťka vrstvy a  $k$  [m<sup>2</sup>.Pa<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>] je koeficient propustnosti vrstvy.

Měření propustnosti textilií pro vzduch se provádí na přístroji TEXTEST AG (Obr. 10). Podstata spočívá ve vytvoření rozdílných tlaků mezi povrchy textilie a změření průtoku vzduchu vyvolaným tímto rozdílem. Plocha potřebná pro testování je 20 cm<sup>2</sup>. Propustnost se udává v m/s. [8]



Obr. 10 TEXTEST AG [2]

## 2.17 Výpočet termofyziologických vlastností

### 2.17.1 Relativní propustnost vodních par

Relativní propustnost textilií pro vodní páry je velmi praktický, ovšem nenormalizovaný parametr. Tepelný tok vyvozený odporem z volné vodní hladiny

o totožném průměru s měřeným vzorkem představuje 100%. Při zakrytí hladiny testovaným materiálem se tepelný tok sníží. [8]

### 2.17.2 Tepelný odpor

*„Měření probíhá v suchém režimu (bez zvlhčení) stejným způsobem. Tepelný odpor  $R_{ct}$  charakterizuje odpor proti prostupu tepla vzorkem při definované teplotě  $t_m$  jeho jedné strany a při přenosu tepla konvekcí z jeho druhé (vnější) strany do vzduchu o teplotě  $t_a$ , přičemž tepelný odpor této vnější mezní vrstvy se odečítá. Protože se však odečítá tepelný odpor platící pro hladký měřicí povrch, zatímco povrch měřicí textilie je drsný a proto odlišný, je takto stanovená hodnota tepelného odporu jen přibližná.“ [8]*

I přesto, že je tento postup nepřesný je v Evropě využíváný.

## 2.18 Inovace v oblasti automobilových sedaček

Tato kapitola dokumentuje aktuální požadavky vývoje pěnových materiálů určených pro automobilové sedačky definované společností NineSigma, Inc. a zpracovatelem materiálu Johnson Controls Automotive.

Jedním z aktuálních cílů v oblasti výzkumu a vývoje lisované polyuretanové pěny pro automobilové sedadla, je snížení množství emise těkavých organických sloučenin (VOC). Konkrétněji je třeba, aby terciární aminy, které se používají pro výrobu polyuretanových pěn, byly pod kontrolou. Pokud tedy nahradíme konvenční aminové katalyzátory aktivními polyoly při současném zachování zpracování pěny a fyzikálních vlastností, zlepší se celkový komfort sedadel. Zařazení polyolů PU pěn do výroby se uskutečnily paralelně ve dvou fázích. Následně byl vyhodnocen dopad nového procesu polyolů na životní prostředí. Polyoly mají potenciál odstranit běžné emise aminů, pokud se použijí v kombinaci s menším množstvím netěkavých aminů. Ovšem žádný z reaktivních aminů na trhu nemá potřebnou reaktivitu pro výrobu isokyanátové pěny. Z toho důvodu je potřeba pokrok, který by zajistil plné nahrazení těkavých konvenčních katalyzátorů. V reálných podmínkách dochází k nahrazení 50 % konvenčních aminových katalyzátorů. [14][15]

K výrobě PU pěny se začaly používat organické polyoly. Podstatou je, že část založená na ropné bázi polyolu se nahradí jiným polyolem. Tento polyol obsahuje organické látky odvozené od sóji, řepkového, palmového nebo ricinového oleje. Tyto



materiály mají stejné vlastnosti jako pěnové díly vyráběné z tradičních polyolů. Výhodou je snížení emisí CO<sub>2</sub>, který vzniká při výrobě polyolu. Technologie výroby a pěnicí procesy se při používání organických polyolů nemění. Jedním z kladů tohoto materiálu je, že pochází z obnovitelných zdrojů, které splňují OEM specifikace. [16][17]

Faurecia automotive seating vyvinula koncept plně dynamického sedadla. Toto sedadlo má termoplastický povrch, který je schopen adaptovat se jakékoliv postavě a neustále se přizpůsobovat pohybu těla cestujícího. Tato vlastnost je založena na dynamickém systému, díky němuž poskytuje větší komfort a ochranu proti poranění páteře a dalším rizikům. Výhodou tohoto sedadla je také menší velikost a váha oproti klasickým automobilovým sedadlům (*Obr. 11*). [18]



*Obr. 11 Sedadlo Urban Rhythm [18]*

Jedním z požadavků posledních pár let je také dosažení nižších hmotností automobilové sedačky. Tento požadavek lze docílit snížením hustoty pěny. Tento způsob má však nevýhodu, protože zároveň dojde ke snížení pevnosti v tahu. Společnost Conwed přišla s řešením. Vyvinula speciální síťovou konfiguraci, která dodává PU pěně zpět požadovanou pevnost při nižších hmotnostech. (*Obr. 12*) [19]



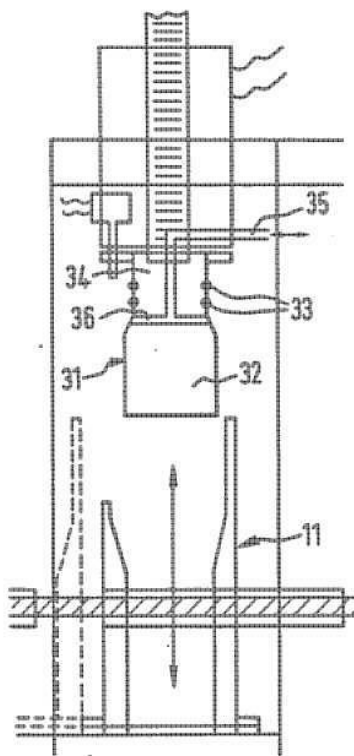
*Obr. 12 Pěna se síťovou konfigurací [19]*

## **2.19 Předcházející práce zaměřené na vývoj a hodnocení komfortu sedaček**

Fyziologický komfort automobilových sedaček je téma, kterým se již zabývalo několik odborných prací. Každá z nich má na danou problematiku jiný náhled a řeší různé aspekty spojené s komfortem. Jan Klár ve své práci *„Komfort automobilových sedaček“* [20] navrhnul změny na sedáku. Do polyuretanové pěny zhotovil několik otvorů, kterými pomocí odsávacího zařízení sedadlo ventiloval. Na tuto studii navázala Erika Vondráčková [21] (Optimalizace fyziologických vlastností tj. transportu vzduchu, tepla, vlhkosti při sezení na automobilových sedačkách), která kromě srovnávání využití odsávání nebo ofukování sedadla zkoumala také vyhřívání sedadla. Zdeňka Rýznarová [22] zjišťovala a porovnávala prodyšnost a propustnost vodních par u automobilových sedaček z textilních materiálů a z kůže. Ve své práci *„Hodnocení prodyšnosti a propustnosti vodních par u automobilových sedaček, možnosti regulace zvýšení fyziologického komfortu“* navrhla možné úpravy pro zlepšení fyziologického komfortu. Náplň diplomové práce *„Měření tlaku u autosedaček“* [23] bylo navržení vhodné metody pro měření tlakového pole. Na základě naměřených dat Michaela Voňková navrhla možnosti zvýšení komfortu. Miroslava Paličuková [3] se zabývala prodyšností automobilových sedaček. Navrhla metodiku i zařízení, pomocí nichž lze zjistit prodyšnost při definovaném zatížení. V této práci je měření prováděno pomocí prodyšné tvarovky zatěžující kompletovanou sedačku. Výsledky ukázaly rozdílné hodnoty v jednotlivých částech sedačky. Tato práce v závěru poukázala na účelnost měření nikoliv na kompletované sedačce, ale přímo na malém vzorku materiálu

sedačky, tak aby byla snížena nákladnost optimalizace materiálu. Předkládaná diplomová práce navazuje na tuto myšlenku konstrukcí a ověřením testovacího zařízení.

Zpracování experimentální části práce, zejména pak konstrukční návrh testovacího zařízení se opírá o poznatky získané v rešeršní části. Obdobné testovací zařízení je popsáno rovněž v patentu [24] (*Obr. 13*). Podstatou patentu je metoda měření propustnosti stlačeného materiálu. Testovaný vzorek je umístěn v nádobě a stlačen pomocí pístu, který je v průběhu zkoušky v přímém kontaktu s materiálem. K materiálu je přiváděná tekutina, prostřednictvím potrubí, která pod tlakem prochází skrz vzorek. Tímto způsobem se změří průtok nebo pokles tlaku tekutiny, zatímco píst je neustále v kompresní poloze. [24]



*Obr. 13 Schéma patentu [24]*

### 3 Experimentální část

#### 3.1 Stanovení kontaktních tlaků

Účelem experimentu bylo stanovení typických kontaktních tlaků působících při zatížení materiálu sedačky sedící osobou. Experiment probíhal za pomoci tlakové podložky XSENZOR X3. (Obr. 14) Tato podložka umožnila změřit tlakové rozhraní mezi dvěma povrchy (osobou a automobilovou sedačkou) a převést naměřené hodnoty do počítačového systému, což bylo výhodné pro další zpracování dat.



Obr. 14 XSENZOR X3 [25]

Stanovení kontaktních tlaků pomocí XSENZORU probíhalo za pomoci tří osob, jejich tělesné proporce jsou uvedeny v tabulce 1. Nejprve bylo potřeba připojit tlakovou podložku k elektronické jednotce, napájení a počítačovému systému. Následně jsme podložku umístili na zvolené sedadlo.

Tab. 1 Tělesné údaje osob

	Osoba 1 (muž)	Osoba 2 (žena)	Osoba 3 (muž)
Výška [cm]	178	169	169
Váha [kg]	90	54	54

Pro simulaci reálných podmínek u automobilové sedačky bylo nezbytné zajistit správnou výšku sedáku a sklon opěradla. Z tohoto důvodu se sedačka podložila

dřevěnými hranoly, díky čemuž výška sedáku odpovídala reálné výšce namontovaného sedadla v automobilu. (*Obr. 15*).



*Obr. 15 Testované automobilové sedadlo*

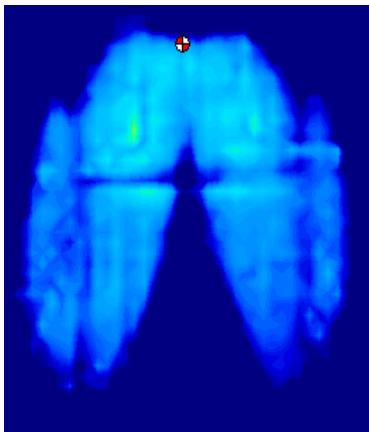
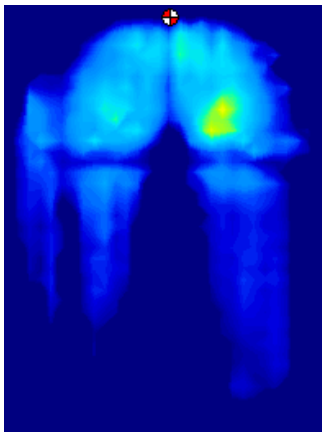
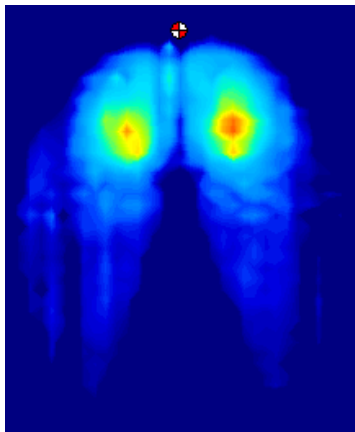
Před začátkem samotného měření se osoby usadily do sedačky. Po uplynutí 1 minuty, při které došlo k ustálení měřeného tlaku, začalo nahrávání snímků. U každé osoby probíhalo měření po dobu 12 minut. Za tento časový interval se postupně pořídilo nejméně 700 snímků tlakových map. Následně proběhl celý proces měření znovu na kancelářské židli. (*Obr. 16*)



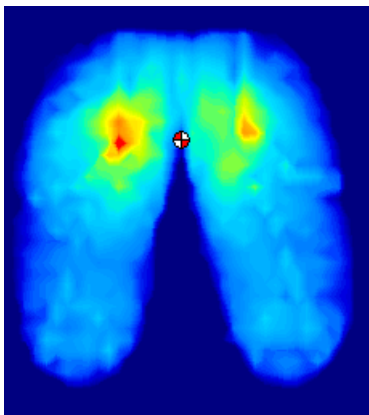
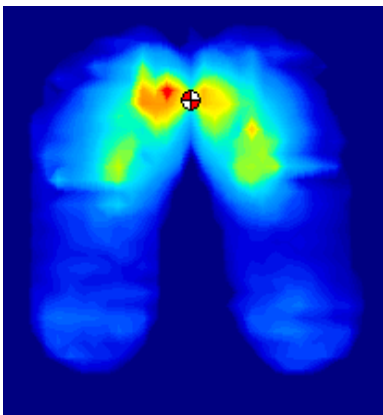
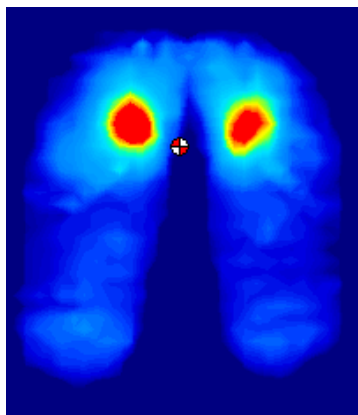
*Obr. 16 Testovaná kancelářská židle*

V softwaru XSENZOR X3 PRO V6 byly z naměřených hodnot vytvořeny tlakové mapy, které naleznete v tabulce 2 a tabulce 3.

*Tab. 2 Tlakové mapy u automobilové sedačky*

Osoba 1	Osoba 2	Osoba 3
		

*Tab. 3 Tlakové mapy u kancelářské židle*

Osoba 1	Osoba 2	Osoba 3
		

V softwaru byly také vytvořeny tlakové mapy v číselné podobě. Tabulky číselných hodnot rozložení tlaků není možné vzhledem k objemnosti dat uvést ve vlastním textu práce, ani v tištěných přílohách a jsou přiloženy v elektronické verzi diplomové práce. Datové hodnoty byly převedeny do Microsoft Excelu, kde pomocí funkce MAX byla

u každého měření zjištěna hodnota maximálního tlaku. Takto získaná hodnota se přepočítala na sílu, která byla využita při zatěžování PU pěny na dynamometru. Hodnoty byly přepočteny podle vzorce 3. Odpovídající hodnoty naleznete v tabulce 4.

$$F = p \cdot S \quad (3)$$

Kde  $F$  je síla působící kolmo na rovinnou plochu [N],  $p$  je tlak získaný z tlakové podložky [Pa] a  $S$  je plocha testovaných vzorků [cm<sup>2</sup>]

Tab. 4 Síla použitá pro stlačování PU pěny

	<b>Osoba 1</b> [N]	<b>Osoba 2</b> [N]	<b>Osoba 3</b> [N]
<b>Automobilová sedačka</b>	63,6	80	112,9
<b>Kancelářská židle</b>	120,6	115,2	239,2

Z experimentu vyplývá, že rozložení tlaku nezávisí jen na tělesných proporcích, jak by se dalo předpokládat, ale důležitý je také tvar sedadla a výška ve které je sedadlo umístěno. Dalším faktorem, který ovlivnil vzhled tlakových map, byl způsob, jakým osoby seděli na testovaném sedadle. Z pořízených snímků lze vyčíst, že vyšší hodnoty tlaku se vyskytují u kancelářské židle. Tento výsledek je možné odvodit z faktu, že u kancelářských židlí se používá jiný typ a rozdílná tloušťka PU pěny než u automobilových sedaček.

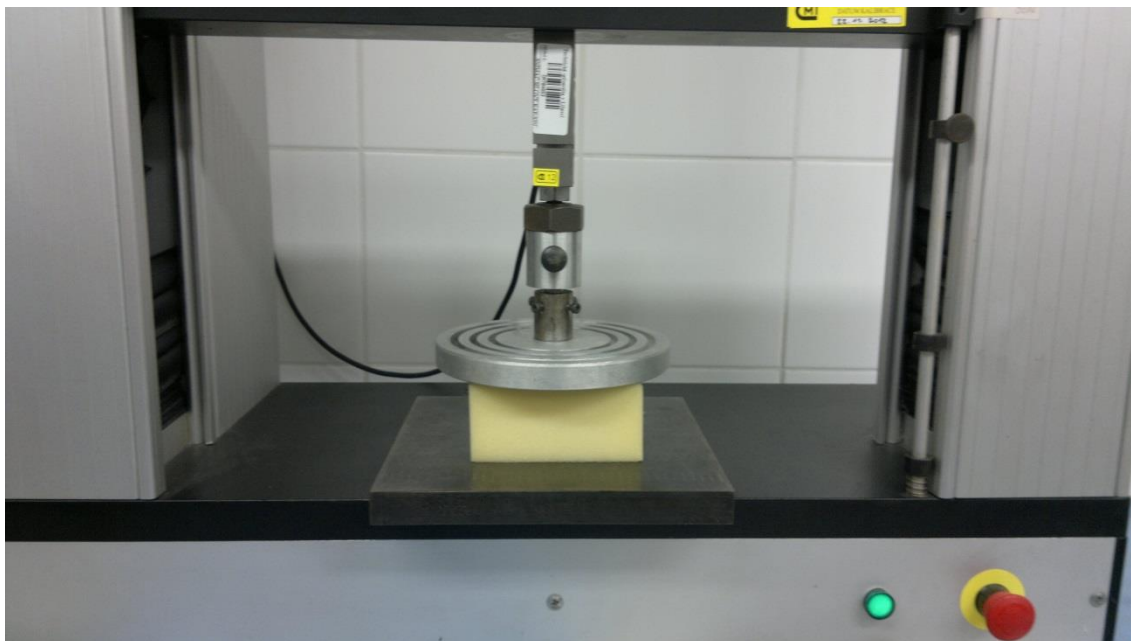
### 3.2 Stanovení deformace v závislosti na zatěžující síle

Podstatou experimentu bylo zjištění deformační odezvy materiálu na působící sílu. Při měření byly použity hodnoty síly získané z předchozího experimentu.

Testované materiály pocházejí z firmy Gumotex. Jedná se o 7 PU pěn o jejich délka stran je 10 cm a výška 5 cm.

Pro toto měření byl využit dynamometr, na který byl připevněn místo klasických čelistí na trhání speciální nástavec (*Obr. 17*) kruhového tvaru pro stlačování (*Obr. 18*).





*Obr. 17 Stlačování PU pěny na dynamometru*



*Obr. 18 Testované PU pěny*

Před samotným měřením se zvážily jednotlivé vzorky a byla stanovena hustota pěnového materiálu. Hmotnosti vzorků jsou uvedeny v tabulce 5. V prvním kroku měření došlo k nastavení trhačky, což spočívalo v zadání jednotlivých parametrů do softwaru. Na každou z PU pěn postupně působily síly uvedené v tabulce 4.



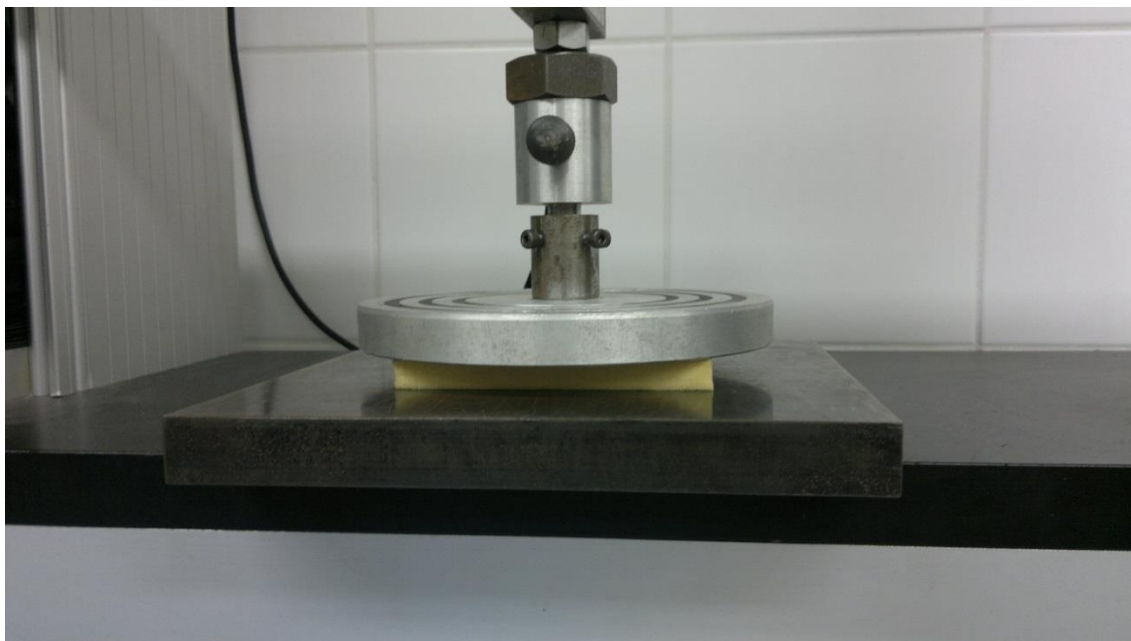
Tab. 5 Hmotnosti a hustota polyuretanové pěny

Vzorek	Hmotnost [g]	Hustota [kg.m <sup>-3</sup> ]
1	12,39	24,78
2	26,63	53,26
3	14,6	29,2
4	18,08	36,16
5	14,69	29,38
6	12,74	25,48
7	10,96	21,92

Měření spočívalo ve dvou cyklech. Stlačování pěny probíhalo předzátěžovou rychlostí 50 mm/min. Toto zatěžování skončilo v momentě, kdy tloušťka stlačené pěny byla 1 cm (Obr. 19). V této pozici setrvalo stlačování po 120 sekund. Docházelo k takzvané relaxaci. Poté došlo k odlehčení testované pěny a znovu ke stlačení na maximální hodnotu síly zjištěné z experimentu popsaného v kapitole 3.1. Výsledky z dynamometru jsou zaznamenány v tabulce 6. Následně byly použity při zjišťování prodyšnosti PU pěn.

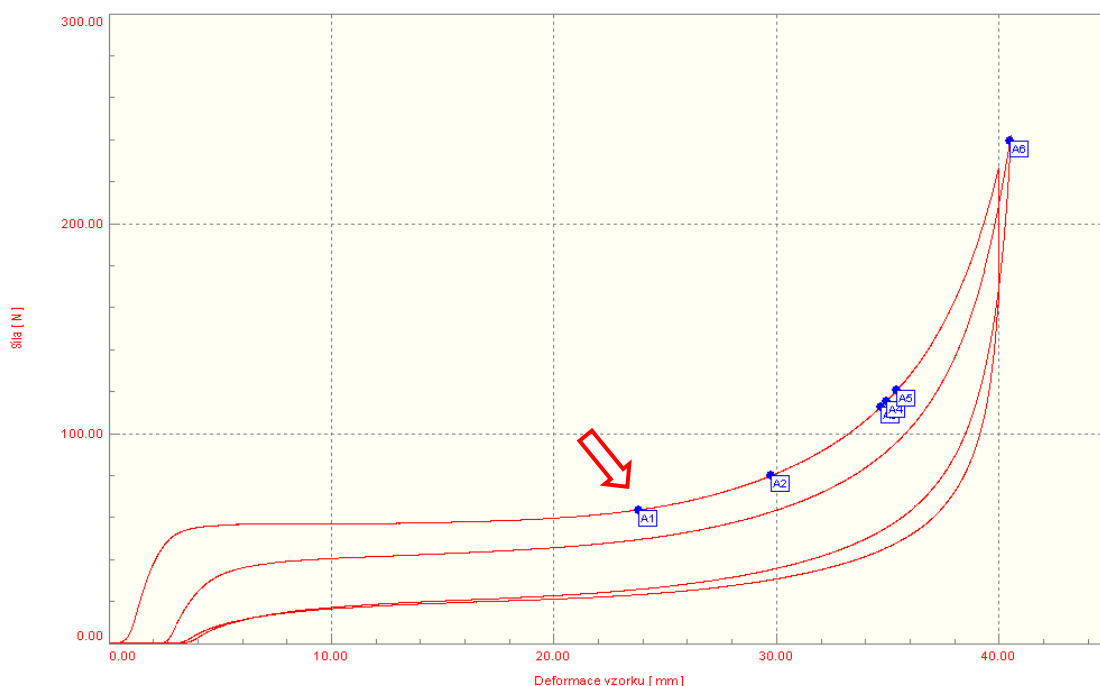
Tab. 6 Výsledky z dynamometru - hodnoty tloušťky pro stlačení

Testovaný vzorek	Automobilová sedačka			Kancelářská židle		
	Tloušťka [mm]	Tloušťka [mm]	Tloušťka [mm]	Tloušťka [mm]	Tloušťka [mm]	Tloušťka [mm]
1	23,81	29,77	34,7	34,93	35,4	40,49
2	26,96	30,32	34,09	34,27	34,69	39,25
3	16,46	28,09	33,27	33,52	34,03	39,59
4	23,76	30,08	34,55	34,75	35,16	39,75
5	31,82	34,79	37,78	37,93	38,25	41,8
6	34,31	36,31	38,59	38,71	38,96	42,03
7	34,14	36,62	39,06	39,18	39,43	42,41



*Obr. 19 Stlačování PU pěny*

Z dynamometru byl také pořízen grafický výstup. Pro každý testovaný materiál přístroj vykreslil tzv. hysterezní křivku, tedy zatěžovací a relaxační průběh deformace při zatěžování. Průběh obou cyklů zkoušky pro vzorek 1 je na obrázku 20. Na křivkách jsou vyznačeny jednotlivé síly (modře označené hodnoty A1 až A6), vypočtené z experimentálního stanovení kontaktních tlaků, viz kapitola 3.1.



Obr. 20 Hysterezní křivka

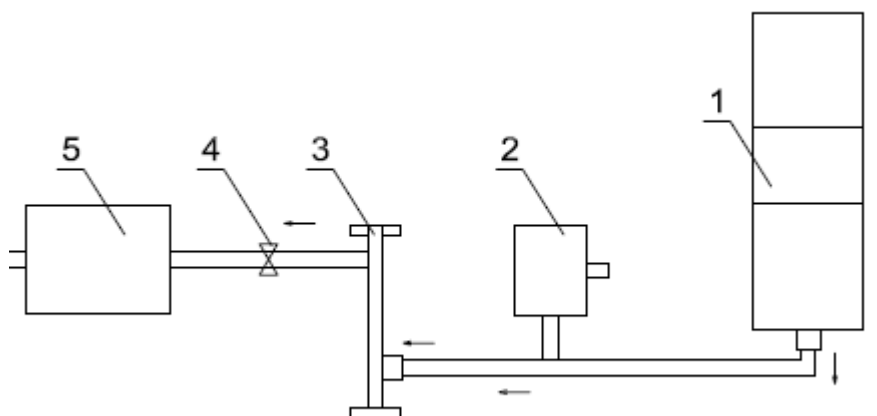
Z hysterezních křivek lze vyčíst, že se zvyšující se působící silou roste deformace testovaného vzorku, což bylo předvídatelné.

### 3.3 Stanovení změny tlakového spádu v závislosti na stlačení

Cílem tohoto experimentu bylo stanovit změnu tlakového spádu u jednotlivých vzorků při jejich současném stlačování.

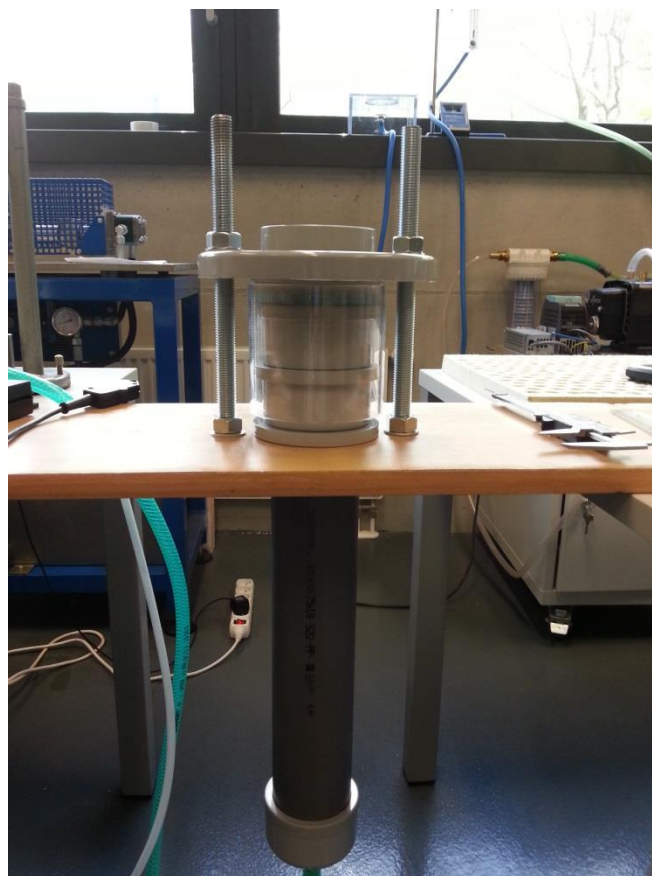
#### 3.3.1 Konstrukce testovacího zařízení

Za účelem změřit prodyšnost PU pěn při současné simulaci reálných podmínek byl navrženo a zkonstruováno testovací zařízení (Obr. 22). Zařízení se skládalo z části určené pro měření prodyšnosti a stlačovacího zařízení, které umožňovalo stlačení PU pěny na požadované hodnoty. Jednotlivé části měřicího zařízení jsou popsány níže.



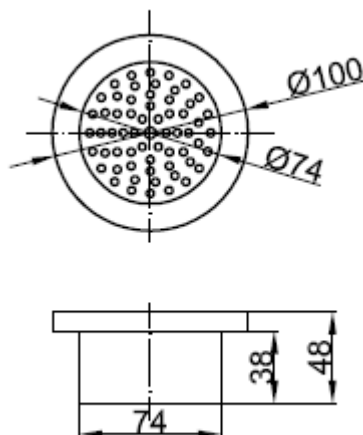
*Obr. 21 Schéma testovacího zařízení*

*1 - Testovaný materiál, 2 – Tlakoměr, 3 – Plováчковý průtokoměr, 4 – Regulační ventil, 5 - Vývěva*



*Obr. 22 Zařízení na měření prodyšnosti při stlačení*

Pro měření prodyšnosti slouží testovací cela. Ta se skládá z odnímatelného víka, do kterého se vkládá PU pěna. Dno víka stejně jako dno cely jsou perforované, díky čemuž může testovaným materiálem procházet vzduch (*Obr. 23*). Z obrázku 23 je patrné, že perforování dna nezasahuje až k okrajům. Důvodem tohoto řešení je předejití situaci, kdy by vzduch neprocházel skrz materiál, ale obtékal by kolem jeho bočních stěn.



*Obr. 23 Schéma části měřící prodyšnost*

### **Zatěžovací část**

Zatěžovací část je navrhnutá tak, aby byla schopna stlačit testovaný materiál na požadovanou tloušťku. Stlačení je uskutečňováno nástavcem, který se po vložení vzorku do testovací komory umístí na víko této komory. Nástavec obsahuje 4 otvory sloužící k nasazení na závitové tyče. Zatížení se provádí mechanicky pomocí závitů.

### **Průtokoměr**

Pro měření průtoku vzduchu byl použit kalibrovaný plovákový průtokoměr se stabilním plovákem (*Obr. 24*). Pomocí tohoto zařízení byl udržován konstantní průtok vzduchu během měření prodyšnosti při různých hodnotách stlačení. Průtokoměr je spojen s měřícím zařízením, rotační vývěvou Tepro RL8P a s tlakoměrem pomocí hadic. Z kalibrační křivky průtokoměru udané výrobcem byla odečtena hodnota průtoku v (l/min) pro hodnoty výšky plováčku (mm) odečítané na stupnici průtokoměru. Kalibrační křivka použitého průtokoměru je uvedena na v příloze.

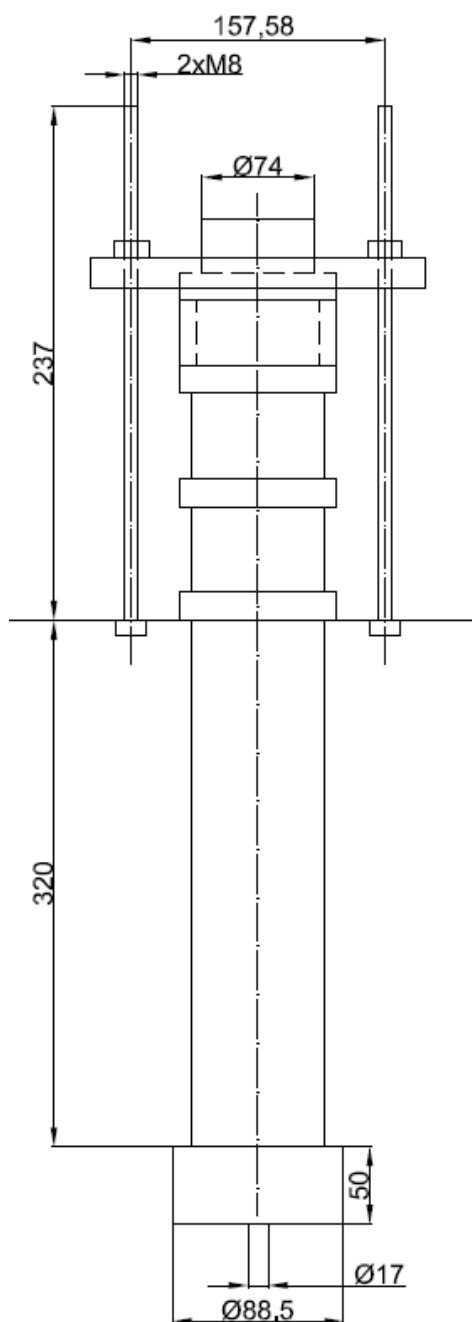


*Obr. 24 Plovákový průtokoměr*

### **Tlakoměr**

K zařízení je pomocí hadice připojeno zařízení na měření tlaku.

Uspořádání celého zařízení je patrné z obrázku 25.



Obr. 25 Schéma měřícího zařízení

### 3.3.2 Úprava vzorků pro měření tlakové ztráty

Vzorky byly upraveny z původních rozměrů na rozměry nezbytné pro vložení do testovací cely. Z hranolů, které měly délku stran 10 cm a výšku 5 cm, byly vytvořeny válce o stejné výšce a průměru 10 cm. (Obr. 26) Průměr vzorku tak odpovídal průměru testovací cely.



*Obr. 26 Úprava vzorků před měřením*

### 3.3.3 Experimentální testování měřící trati

Princip metodiky byl navržen na základě měření porézních materiálů při běžných provozních podmínkách. Pro samotné měření byly použity hodnoty deformací získané z dynamometru, viz kapitola 3.2. Hodnoty získané z dynamometru zastupují pouze malé číselné rozpětí. Proto pro získání ucelenějších informací byla stanovena širší škála hodnot pro zatěžování PU pěny, které naleznete v tabulce 7. Nastavení průtokoměru spočívalo ve zvolení vhodného množství průtoku vzduchu. Pro toto měření činil průtok 5,1 l/min. Měření probíhalo následujícím způsobem:

- Změření tlakové ztráty prázdné testovací cely.
- Vložení vzorku do přístroje a měření tlakové ztráty při současném stlačování podle hodnot z tabulky 6 a z tabulky 7.
- Změření tlakové ztráty při maximálním stlačení vzorku.

Tímto způsobem došlo k testování všech sedmi vzorků PU pěn. V průběhu celého měření byly zaznamenávány hodnoty tlaku. Nejprve byl použit tlakoměr Testo 510. Během měření manometrem Testo 510 bylo odečítání hodnot znemožněno výrazným



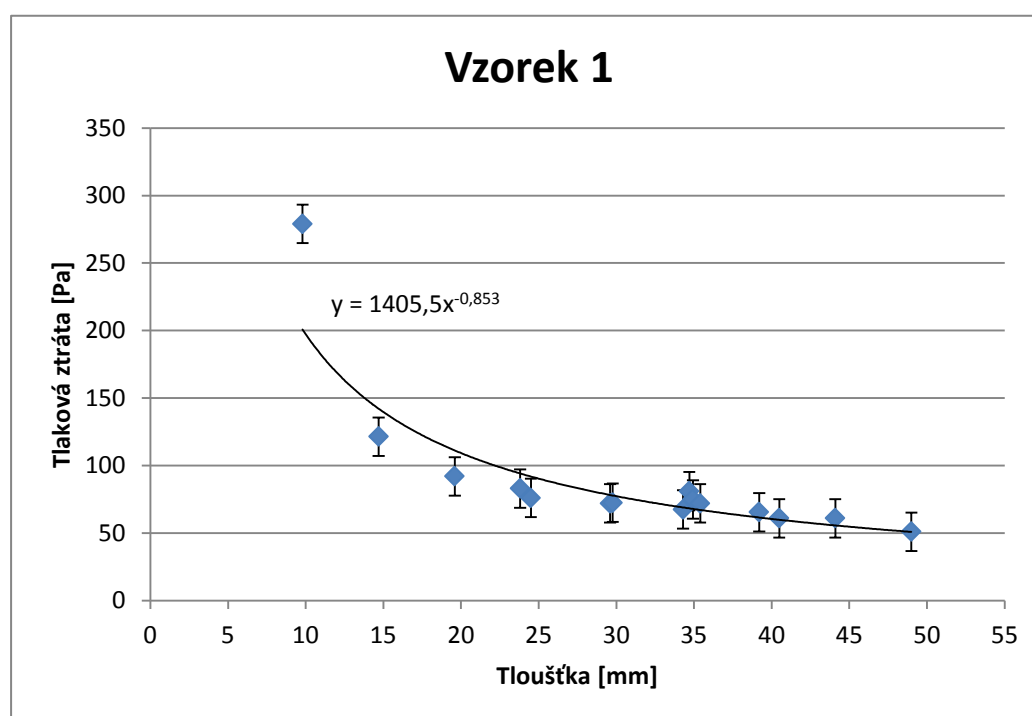
kolísáním hodnot tlakové ztráty a tlakoměr se často sám vypínal. Z těchto důvodů byl původní tlakoměr nahrazen manometrem za Greisinger GDH 01 DIGITAL-MANOMETER.

Hodnoty nastavení deformace pro měření tlakové ztráty jsou uvedeny v tabulce 7.

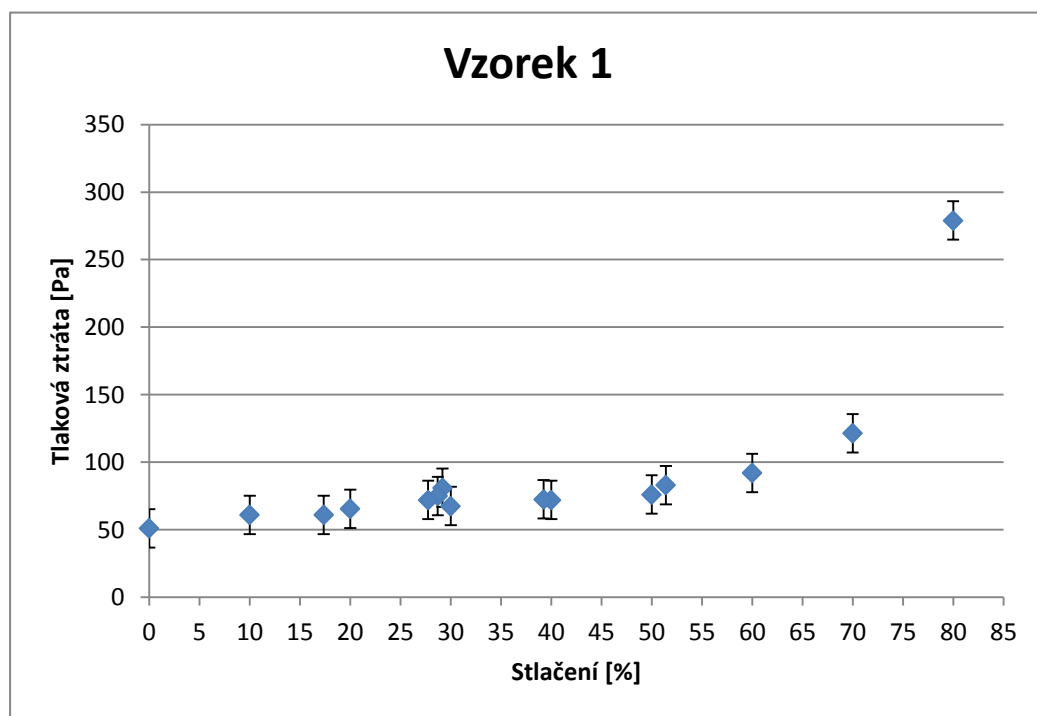
Tab. 7 Hodnoty tloušťky materiálu pro škálu deformací

Deformace Vzorek	Tloušťka stlačeného materiálu [mm]							
	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
1	9,8	14,7	19,6	24,5	29,6	34,3	39,2	44,1
2	9,66	14,49	19,32	24,15	28,98	33,81	38,64	43,47
3	9,6	14,4	19,2	24	28,8	33,6	38,4	43,2
4	9,8	14,7	19,6	24,5	29,6	34,3	39,2	44,1
5	9,74	14,61	19,48	24,35	29,22	34,09	38,96	43,83
6	9,8	14,7	19,6	24,5	29,6	34,3	39,2	44,1
7	9,46	14,19	18,92	23,65	28,38	33,11	37,84	42,57

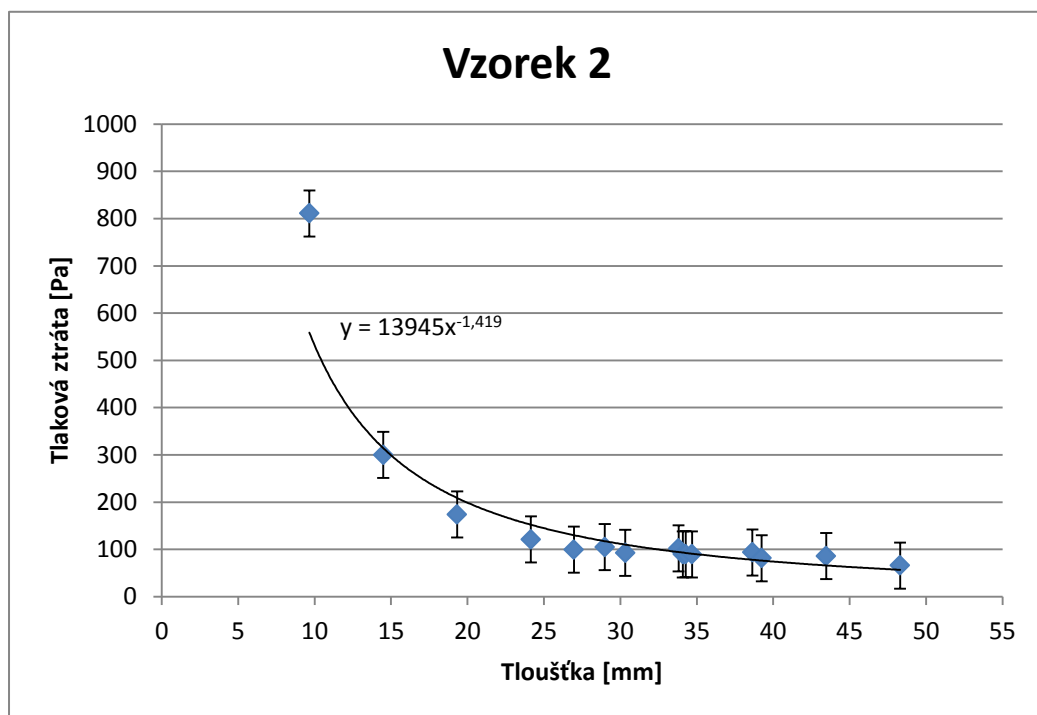
Výsledky z testování jednotlivých vzorků PU pěn lze vidět níže na grafech.



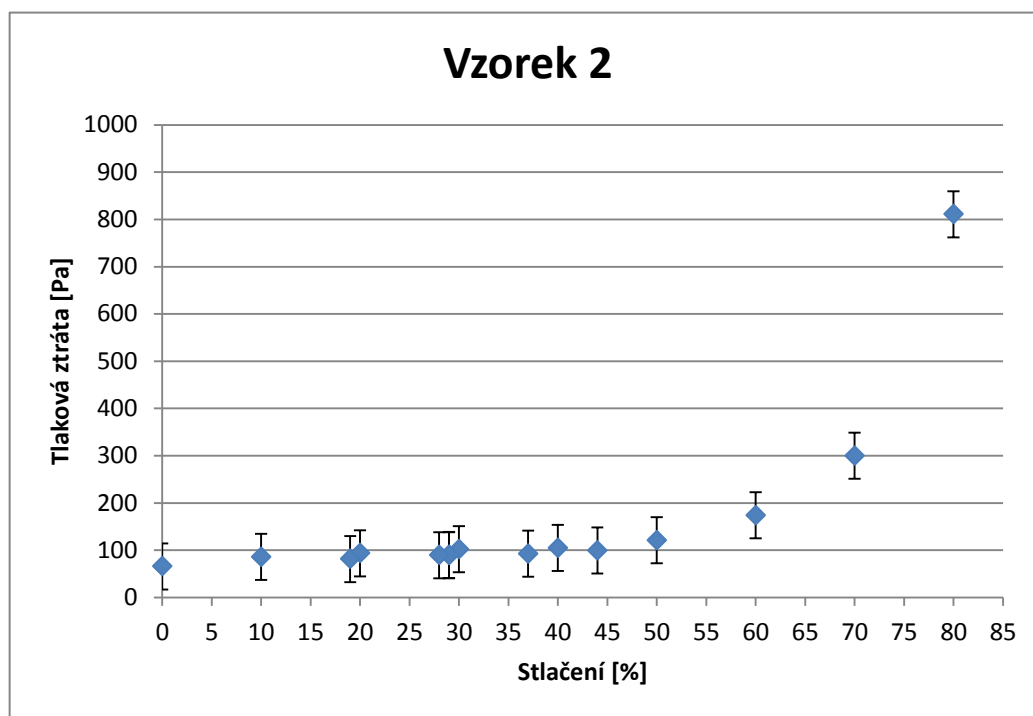
Graf 1 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 1



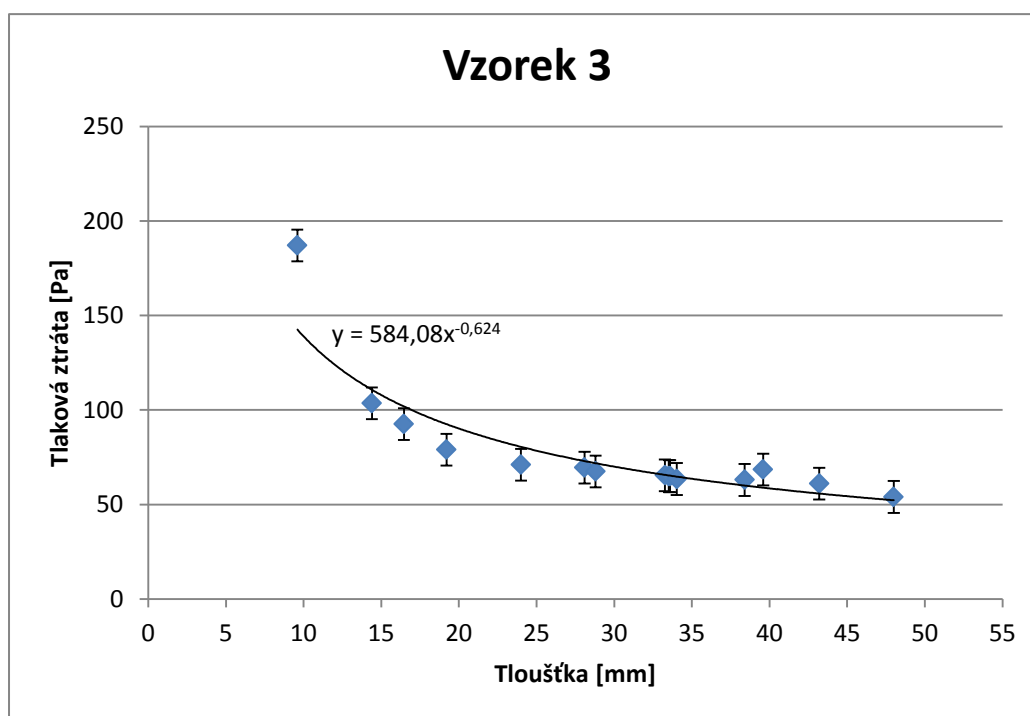
Graf 2 Vliv tlakové ztráty procentu deformace u vzorku 1



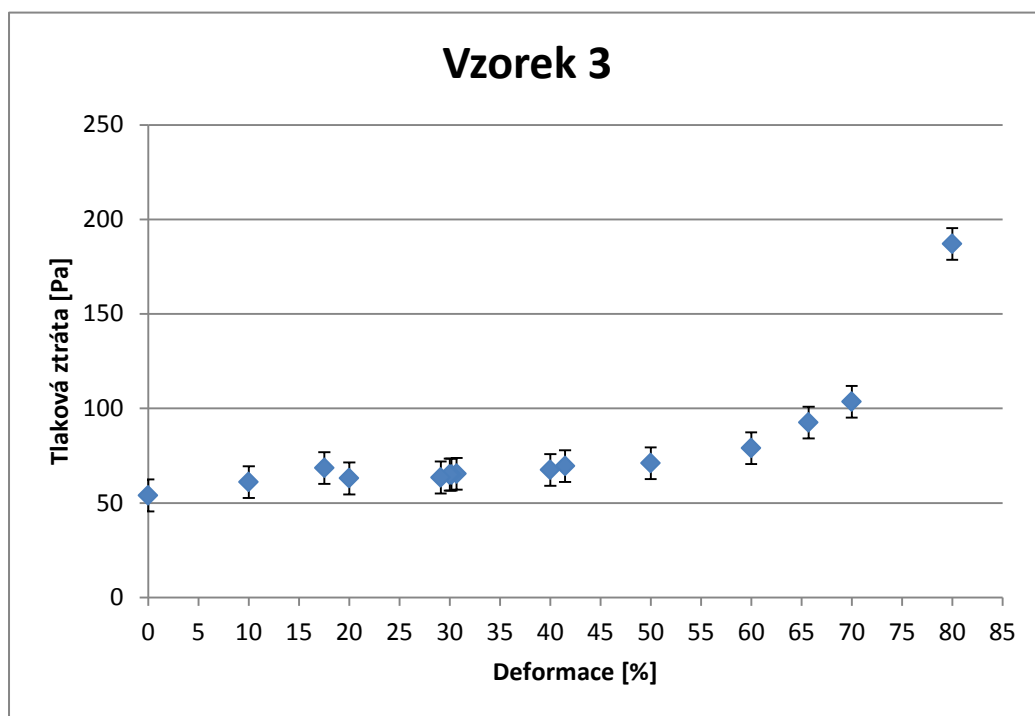
Graf 3 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 2



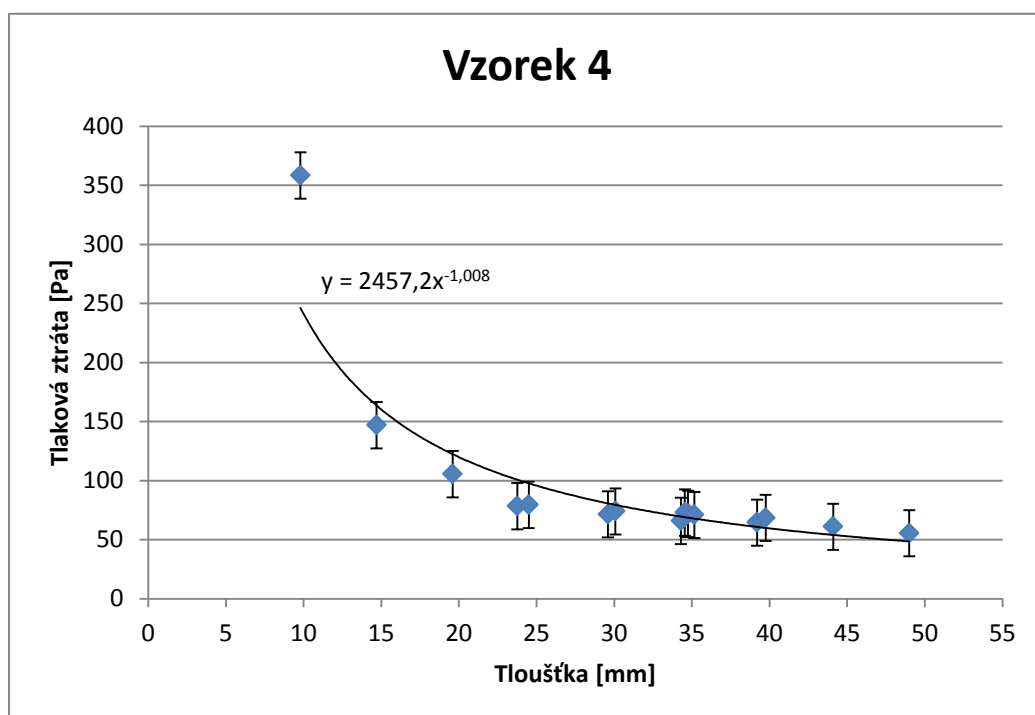
Graf 4 Vliv tlakové ztráty na procentu deformace u vzorku 2



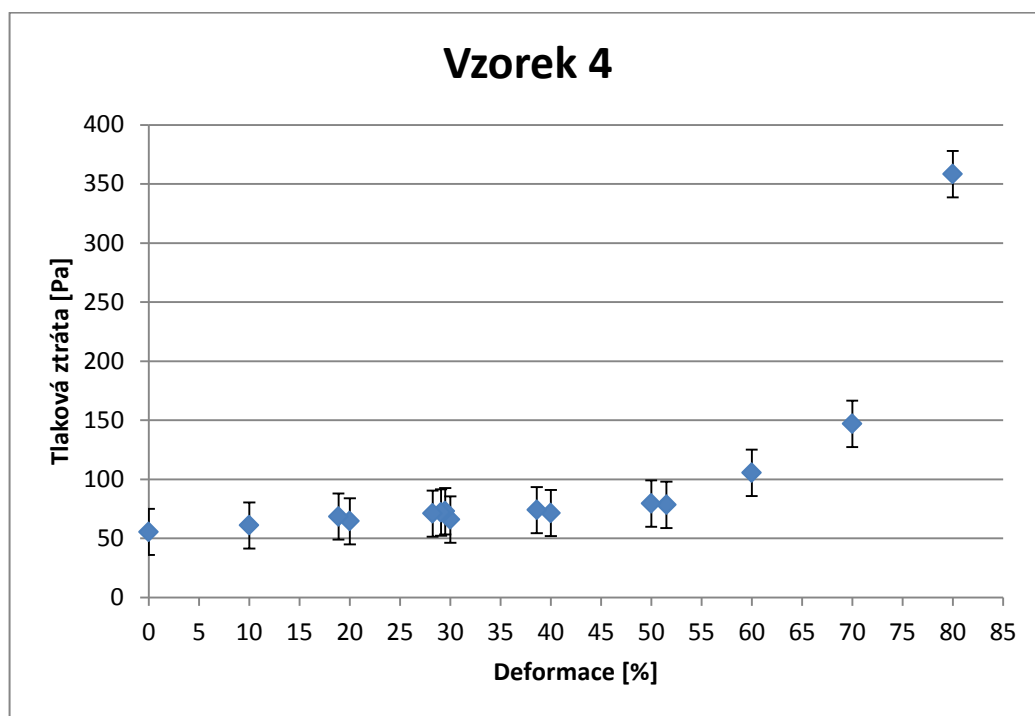
Graf 5 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 3



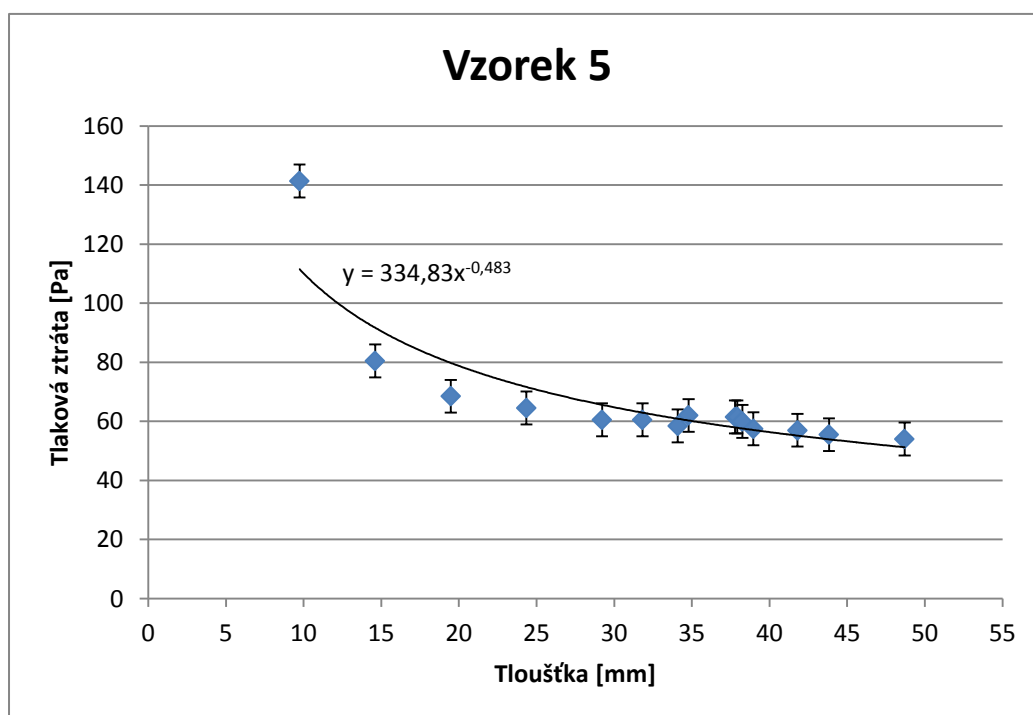
Graf 6 Vliv tlakové ztráty na procentu deformace u vzorku 3



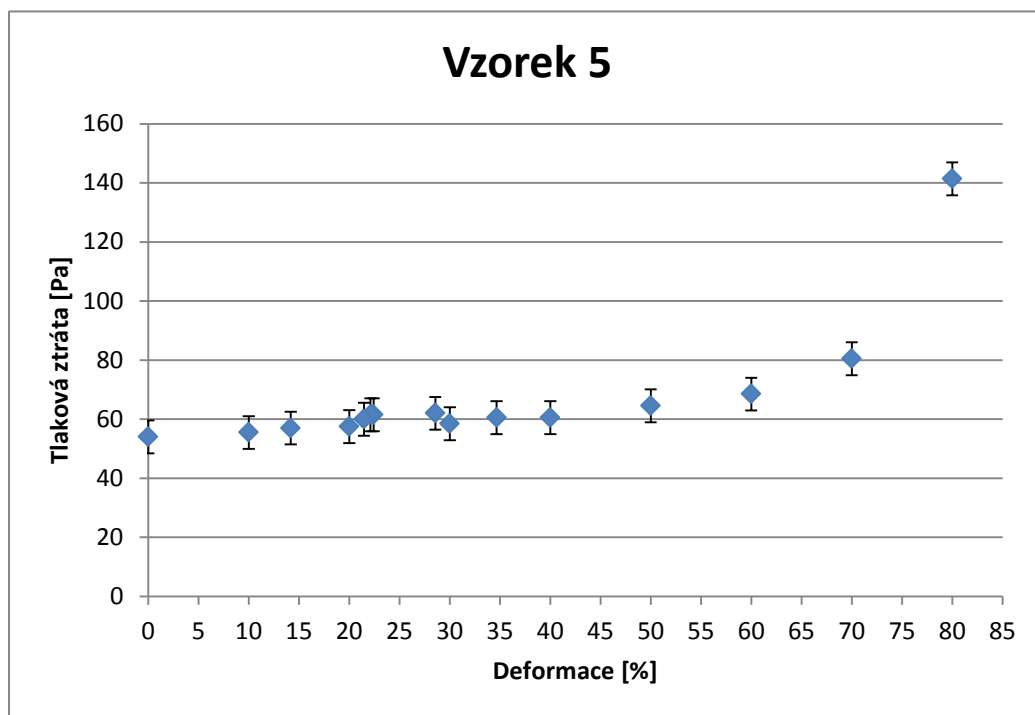
Graf 7 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 4



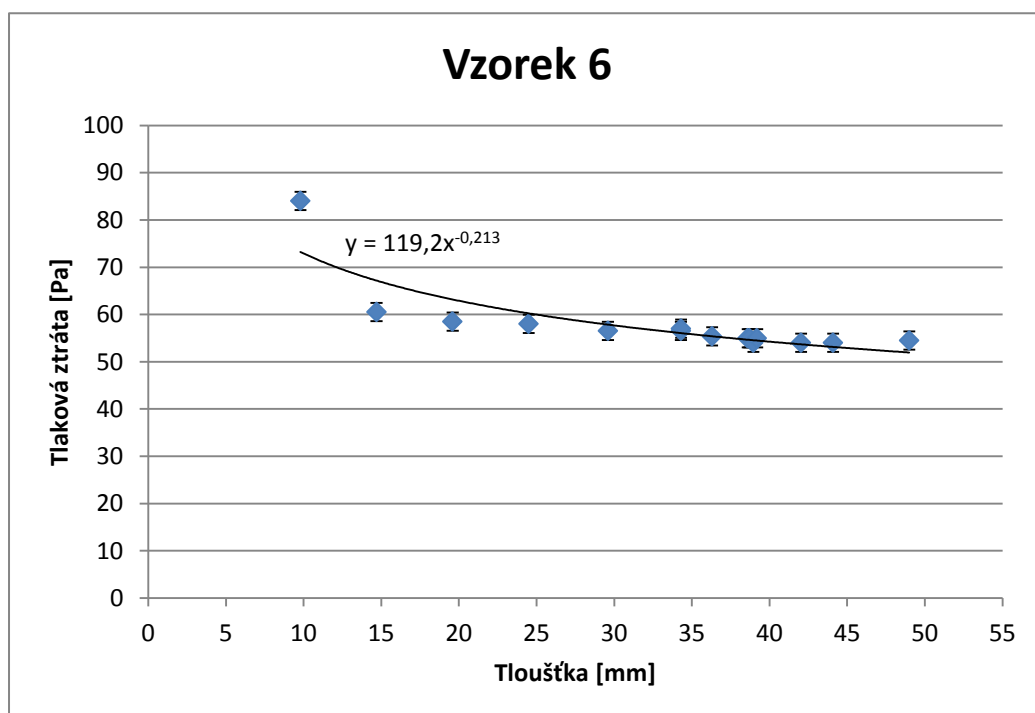
Graf 8 Vliv tlakové ztráty na procentu deformace u vzorku 4



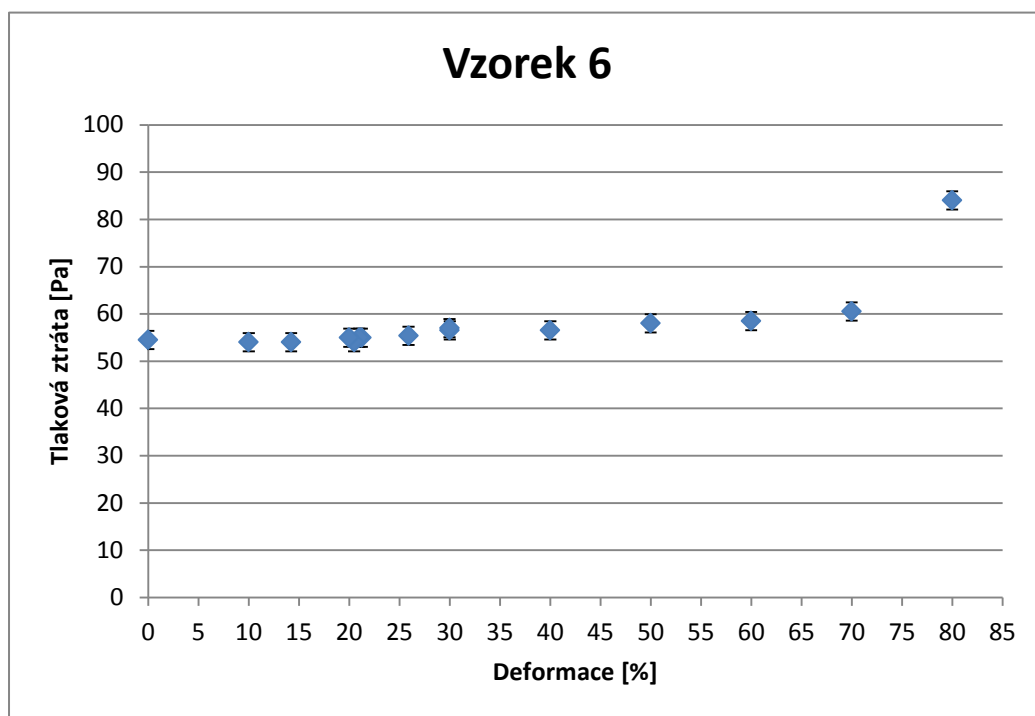
Graf 9 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 5



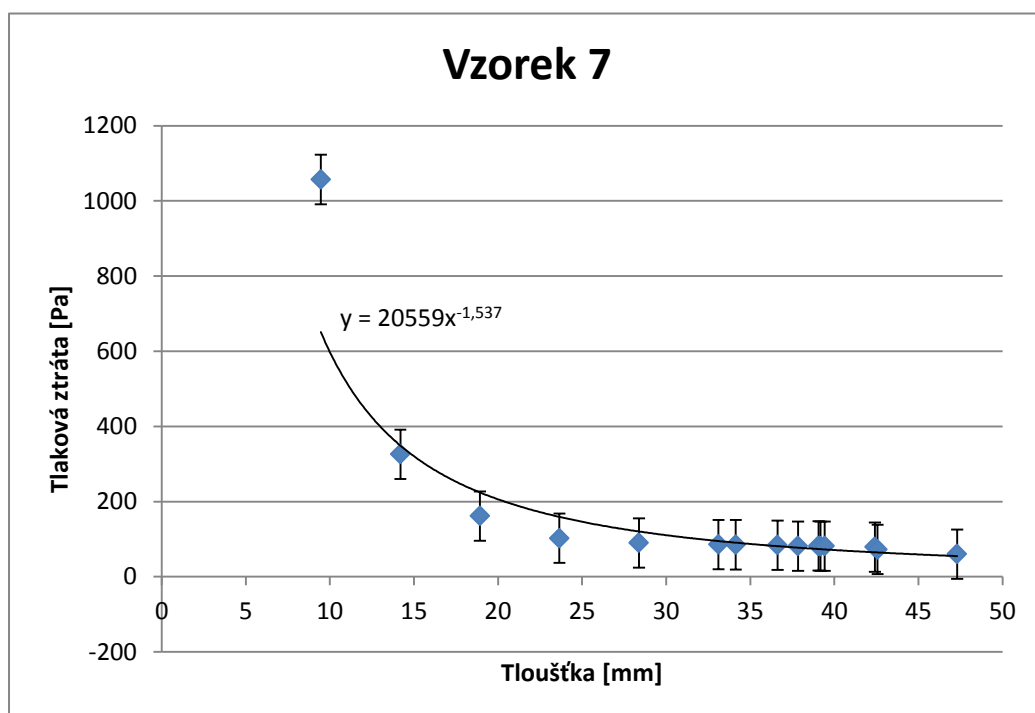
Graf 10 Vliv tlakové ztráty na procentu deformace u vzorku 5



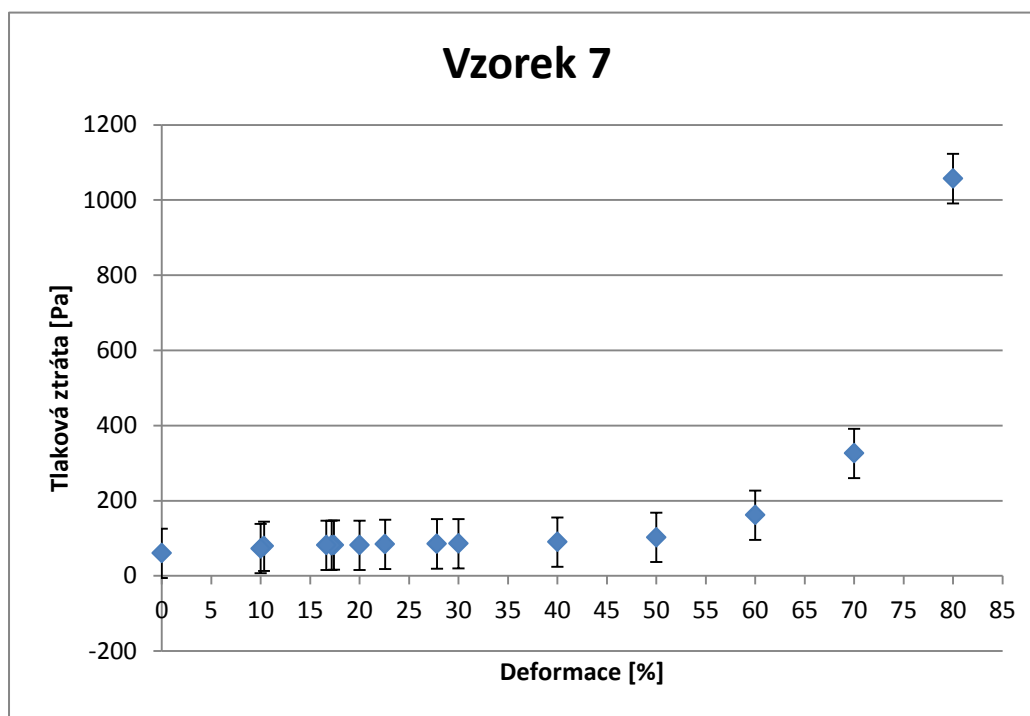
Graf 11 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 6



Graf 12 Vliv tlakové ztráty na procentu deformace u vzorku 6



Graf 13 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 7



*Graf 14 Vliv tlakové ztráty na procentu deformace u vzorku 7*

Z experimentu je patrné, že se zvyšující se deformací testovaných vzorků roste tlaková ztráta. Jinak řečeno, čím více se PU pěna stlačí, tím dochází k většímu snížení prodyšnosti. Toto chování lze u porézních materiálů předpokládat, s ohledem na snižování objemu pórů, tj. zvyšování zaplnění materiálu. Vzorek 7 vykazuje při 80 % deformaci nejvyšší tlakovou ztrátu, přestože nestlačený má nejnižší hustotu. Toto chování lze vysvětlit tím, že vzorek obsahuje větší vzduchové bubliny, které mají souvislý (hladký) povrch. Při stlačení, u těchto ploch dochází k horšímu prostupu vzduchu než u ostatních pěn. Tento experiment poukázal také na to, že při deformaci nad 70 % dochází k strmému vzrůstu tlakové ztráty u všech vzorků. Tato vlastnost se v provozních podmínkách jeví jako negativní.



## 4 Shrnutí a diskuze výsledků

Hodnocení závislosti tlakové ztráty pěnových materiálů na zatížení bylo provedeno pomocí tří sousledných experimentů. Pomocí XSENZORU X3 byly pořízeny snímky rozložení tlaků při sezení na automobilové sedačky a kancelářské židli. Ze snímků v tabulce 2 a tabulce 3 je zřejmé, že výsledky se od sebe nepatrně liší. Tato skutečnost je dána nejen tělesnými proporcemi jednotlivých respondentů, ale také tvarem testovaných sedadel, výškou posezu a v neposlední řadě také způsobem jakým osoby sedí na sedadle. Z jednotlivých snímků tlakových map lze vyčíst, že vyšší hodnoty tlaku byly pořízeny u kancelářské židle (přesněji u osoby číslo 3). Což také potvrzuje tabulka 4. V této tabulce jsou výsledky, které byly získány přepočtením z maximálních hodnot tlaků. Tento výsledek je zapříčiněn odlišným typem pěny využitým pro konstrukci čalounění obou sedaček. Hodnoty tlaků byly přepočteny na zatěžovací sílu pro určení deformace v dalším experimentálním kroku.

Dále se uskutečnilo měření na dynamometru. Z průběhu grafů pro jednotlivé materiály, které jsou v příloze 1, je patrné, že se zvyšující se zatěžující silou roste deformace pěny. Což bylo zcela předvídatelné. U vzorku číslo 2, který má nejnížší hustotu, dosahuje zatěžovací křivka nejvyšší hodnoty. Nejnížší hodnotu zatěžovací křivky má vzorek číslo 7, jehož hustota je  $21,92 \text{ kg/m}^3$ .

Finálním experimentem, jenž je hlavním přínosem práce, bylo provedeno testování navržené konstrukce měřicího zařízení pro určení tlakové ztráty. Výsledky jsou zaznamenané v grafech 1 – 14. U vzorku 7 byla naměřena nejvyšší tlaková ztráta při stlačení odpovídající 20 % původní tloušťky materiálu. Z obrázku 18 je patrné, že vzorek má oproti ostatním viditelně odlišnou strukturu (obsahuje větší vzduchové buňky). Povrch těchto vzduchových buněk je souvislý, proto při stlačení dochází k horšímu průchodu vzduchu, než u ostatních materiálů. Při 10 % stlačení má nejvyšší pokles tlaku materiál s nejnížší hustotou. Z grafů lze vyčíst, že pokud dojde ke stlačení nad 70 % původní tloušťky materiálu, hodnoty tlakové ztráty značně narůstají. Jinak řečeno nad touto hodnotou dochází k výraznému snížení průchodu vzduchu skrz PU pěnu. Z hlediska prodyšnosti se jedná o negativní jev, protože tato hodnota se bude s rostoucím stlačováním rychle snižovat.

## 5 Závěr a doporučení

Cílem diplomové práce stanovení komfortu automobilových sedaček v reálných podmínkách. Byl navrhnut přístroj a metodika, která je schopná výše uvedené podmínky splnit. Předložená práce se v teoretické části zabývá složením automobilových sedaček a jsou zde popsány jednotlivé druhy komfortu. Následuje kapitola o hodnocení termofyziologického komfortu a inovacích automobilových sedaček. Součástí práce je i její praktická část, kde byl navrhnut a zkonstruován přístroj na kterém se testovalo 7 PU pěn. Bylo ukázáno, že touto metodou lze zjistit hodnoty tlakové ztráty jednotlivých vzorků při předem definovaných stlačení. Výsledky ukázaly malou rozdílnost prodyšností testovaných PU pěn. A to i přesto, že jejich struktura a hustota jsou rozdílné. Během měření se projevilo nesnadné ustálení hodnoty průtoku v průtokoměru. Příčinou tohoto jevu byla vývěva, která vykazovala kolísání hodnoty podtlaku. Proto bych doporučovala použít jiný zdroj podtlaku, který by umožňoval získání přesnějších hodnot. Zajímavé by bylo rovněž srovnání hodnot tlakové ztráty získané pomocí vývěvy, tedy využitím podtlaku, a hodnot získaných pomocí kompresoru, tedy využitím přetlaku. Dále by bylo výhodné připojit používaný tlakoměr k počítačovému systému, pro zaznamenávání naměřených hodnot a vyhodnocovat jejich kolísání. Stlačování jednotlivých vzorků probíhalo mechanicky pomocí závitů. Každý testovaný vzorek byl ručně stlačen na příslušnou tloušťku a poté probíhalo samotné měření. Tento způsob je nejen časově náročný, ale hlavně postrádá vysokou přesnost. Proto bych doporučila stlačování provádět pomocí strojového zařízení (např. dynamometr). Závěrem lze konstatovat, že použitá metodika umožňuje určit vlastnosti při provozních podmínkách a je možné ji využít v praxi.

## Literatura

- [1] Webové stránky *Týden* [online] dostupné:  
<[http://www.tyden.cz/rubriky/auta/auto-tema/automobilove-sedacky-racte-se-posadit\\_88254.html](http://www.tyden.cz/rubriky/auta/auto-tema/automobilove-sedacky-racte-se-posadit_88254.html)> [cit. 23. 3. 2013]
- [2] Šmelhaus. J.: *Fyziologický komfort automobilových sedaček*, Liberec 2011, 67 s. Bakalářská práce na fakultě textilní, Technické university v Liberci. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
- [3] Paličuková M., *Vývoj zařízení pro zkoušení prodyšnosti objemových materiálů za provozních podmínek*, Liberec, 2009, 54 s. Diplomová práce na fakultě textilní, Technické univerzity v Liberci. Vedoucí diplomové práce Ing. Ondřej Novák
- [4] *Comparative Study of the Abrasion Resistance of Automobile Seat Covers* [online] dostupné: < [www.fibtex.lodz.pl/file-Fibtex\\_\(83m9kk2czipntyp4\).pdf-FTEE\\_69\\_57.pdf](http://www.fibtex.lodz.pl/file-Fibtex_(83m9kk2czipntyp4).pdf-FTEE_69_57.pdf) > [cit. 23. 7. 2013]
- [5] Novák P., *Kompresní vlastnosti – hodnocení parametrů plošných textilií při jejich stlačování*, Liberec, 2012, 87 s. Bakalářská práce na fakultě textilní, Technické univerzity v Liberci. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zuzana Fléglová
- [6] Webové stránky *Calrei* [online] dostupné:  
<<http://www.calreionline.com/about.htm>> [cit. 4. 10. 2013]
- [7] Effect of production process parameters on different properties of a nonwoven spacer produced on a 3D web linker [online]  
dostupné: < <http://www.fibtex.lodz.pl/article1145.html> > [cit. 3. 11. 2013]

- [8] Hes l., *Úvod do komfortu textilií*, Technická univerzita v Liberci, 33 s. 2005
- [9] Song G., *Improving comfort in clothing*, Woodhead publishing Limited, 459 s., 2010, ISBN 978-1-84569-539-2.
- [10] Centnerová. L. Ing.: *Tradiční a adaptivní model tepelné pohody*, [Disertační práce] ČVUT, Praha 2001
- [11] EN ISO 9237, Evropská norma, Textilie – Zjišťování prodyšnosti plošných textilií, ČNI 1996.
- [12] Webové stránky *wiki skripta* [online] dostupné:  
[http://www.wikiskripta.eu/index.php/Hagen-Poiseuillův\\_zákon](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Hagen-Poiseuillův_zákon)  
[cit. 14. 5. 2014].
- [13] Webové stránky *wikipedia* [online] dostupné:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Darcyho\\_zákon](http://cs.wikipedia.org/wiki/Darcyho_zákon) [cit. 14. 5. 2014].
- [14] Webové stránky [online] dostupné:  
<http://www.dow.com/scripts/litorder.asp?filepath=/polyurethane/pdfs/noreg/109-01674.pdf> [cit. 4. 1. 2014].
- [15] Webové stránky [online] dostupné:  
<http://www.pfa.org/abstracts/pfa-12.html> [cit. 4. 1. 2014].
- [16] Webové stránky *Johnson controls* [online] dostupné:  
[http://www.johnsoncontrols.com/content/us/en/products/automotive\\_experience/featured-stories/Natural\\_Materials/Natural\\_Oil\\_Polyols.html](http://www.johnsoncontrols.com/content/us/en/products/automotive_experience/featured-stories/Natural_Materials/Natural_Oil_Polyols.html) [cit. 4. 1. 2014].

- [17] Webové stránky *Conservancy* [online] dostupné:  
[conservancy.umn.edu/bitstream/53005/1/bepress-umn-1368.pdf](http://conservancy.umn.edu/bitstream/53005/1/bepress-umn-1368.pdf) [cit. 9. 1. 2014].
- [18] Webové stránky *Faurecia* [online] dostupné:  
<http://www.faurecia.com/en/urban-rhythm-seat-concept> [cit. 9. 1. 2014].
- [19] Webové stránky *Conwed plastics* [online] dostupné:  
<http://www.conwedplastics.com/en/innovation/success-stories/automotive-seats/>  
[cit. 9. 1. 2014].
- [20] Klár J., *Komfort automobilových sedaček*, Liberec, 2011, 67 s. Diplomová práce na fakultě textilní, Technické univerzity v Liberci. Vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Antonín Havelka, Csc.
- [21] Vondráčková E., *Optimalizace fyziologických vlastností tj. transportu vzduchu, tepla, vlhkosti při sezení na automobilových sedačkách*, Liberec, 2013, 72 s. Diplomová práce na fakultě textilní, Technické univerzity v Liberci. Vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Antonín Havelka, Csc.
- [22] Rýznarová Z., *Hodnocení prodyšnosti a propustnosti vodních par u automobilových sedaček, možnosti regulace zvýšení fyziologického komfortu*, Liberec, 2009, 54 s. Diplomová práce na fakultě textilní, Technické univerzity v Liberci. Vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Antonín Havelka, Csc.
- [23] Voňková M., *Měření tlaku u autosedaček*, Liberec, 2011, 68 s. Diplomová práce na fakultě textilní, Technické univerzity v Liberci. Vedoucí diplomové práce Prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs.
- [24] Webové stránky *Espacenet* [online] dostupné:  
[http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en\\_EP&FT=D&date=19870115&CC=WO&NR=8700279A1&KC=A1](http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=19870115&CC=WO&NR=8700279A1&KC=A1) [cit. 9. 1. 2014].

- [25] Webové stránky *Therohogroup* [online] dostupné:  
<http://www.therohogroup.com/popup.jsp?Title=XSENSOR%20X3%20SEAT%20PAD&Image=d2-xsensorx3seatpad> [cit. 10. 3. 2014].

## Seznam použitých obrázků

<i>Obr. 1 Masážní sedadlo Lexus, převzato z [1]</i>	13
<i>Obr. 2 Struktura gumožíně, převzato z [3]</i>	16
<i>Obr. 3 Díly autosedačky, převzato z [5]</i>	17
<i>Obr. 4 3D distanční pletenina [9]</i>	18
<i>Obr. 5 Struktura textilie Spacer [10]</i>	19
<i>Obr. 6 Termoregulační systém lidského těla [6]</i>	22
<i>Obr. 7 Gravimetrické metody hodnocení prodyšnosti [6]</i>	26
<i>Obr. 8 Difuzimetr [6]</i>	27
<i>Obr. 9 PERMETEST – schéma přístroje [2]</i>	29
<i>Obr. 10 TEXTTEST AG [2]</i>	30
<i>Obr. 11 Sedadlo Urban Rhythm [15]</i>	32
<i>Obr. 12 Pěna se síťovou konfigurací [16]</i>	33
<i>Obr. 13 Schéma patentu [21]</i>	34
<i>Obr. 14 XSENZOR X3 [22]</i>	35
<i>Obr. 15 Testované automobilové sedadlo</i>	36
<i>Obr. 16 Testovaná kancelářská židle</i>	36
<i>Obr. 17 Stlačování PU pěny na dynamometru</i>	39
<i>Obr. 18 Testované PU pěny</i>	39
<i>Obr. 19 Stlačování PU pěny</i>	41
<i>Obr. 20 Hysterezní křivka</i>	42
<i>Obr. 21 Zařízení na měření prodyšnosti při stlačení</i>	43
<i>Obr. 22 Schéma části měřící prodyšnost</i>	44
<i>Obr. 23 Průtokoměr</i>	45
<i>Obr. 24 Schéma měřícího zařízení</i>	46
<i>Obr. 25 Úprava vzorků před měřením</i>	47

## Seznam tabulek

<i>Tab. 1 Tělesné údaje respondentů</i>	35
<i>Tab. 2 Tlakové mapy u automobilové sedačky</i>	37
<i>Tab. 3 Tlakové mapy u kancelářské židle</i>	37
<i>Tab. 4 Síla použitá pro zatěžování PU pěny</i>	38

<i>Tab. 5 Hmotnosti testované polyuretanové pěny .....</i>	40
<i>Tab. 6 Výsledky z dynamometru .....</i>	40
<i>Tab. 7 Hodnoty pro stlačování pěny .....</i>	48

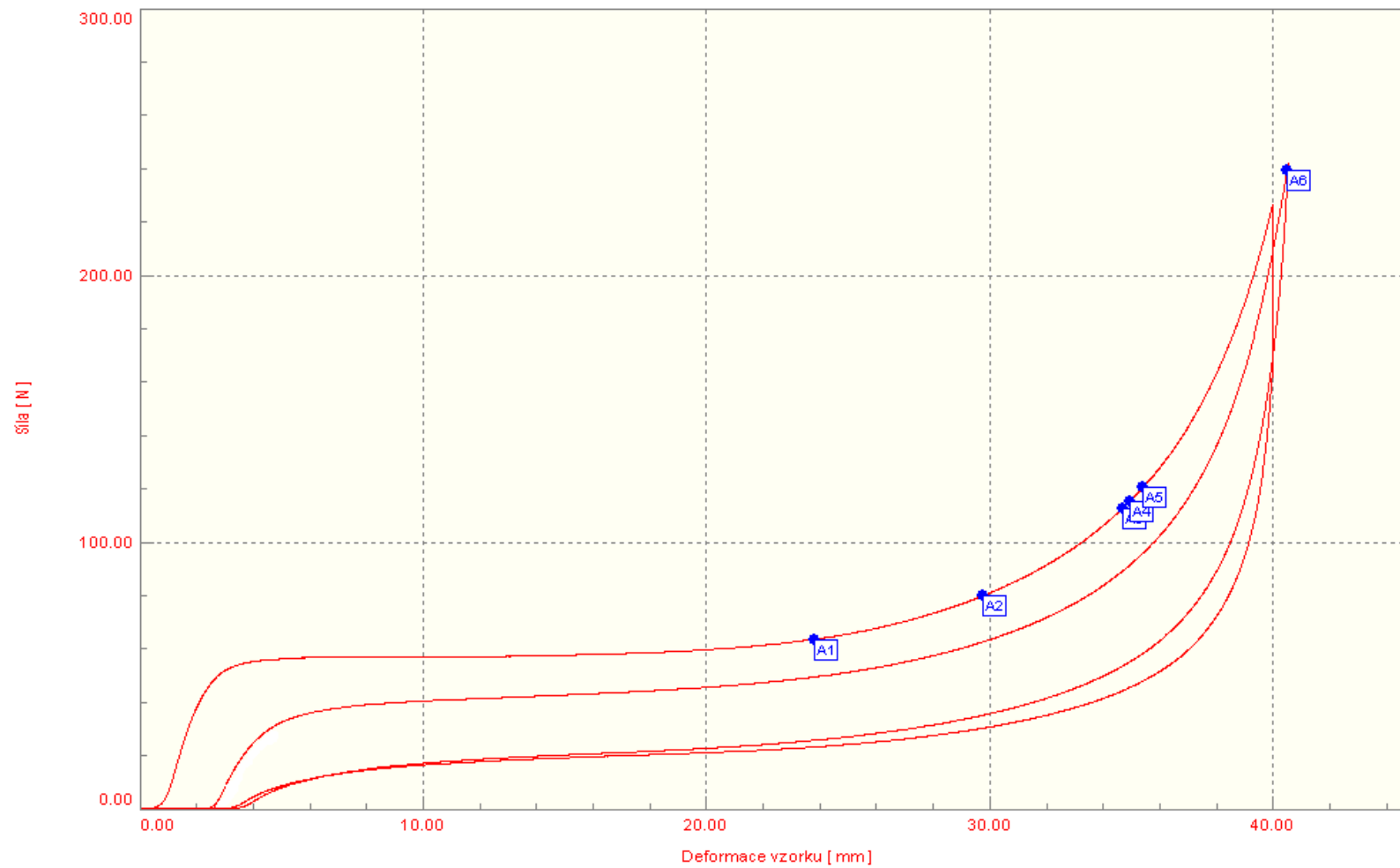
## Seznam grafů

<i>Graf 1 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 1 .....</i>	48
<i>Graf 2 Vliv tlakové ztráty na stupni stlačení u vzorku 1 .....</i>	49
<i>Graf 3 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 2 .....</i>	49
<i>Graf 4 Vliv tlakové ztráty na stupni stlačení u vzorku 2 .....</i>	50
<i>Graf 5 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 3 .....</i>	50
<i>Graf 6 Vliv tlakové ztráty na stupni stlačení u vzorku 3 .....</i>	51
<i>Graf 7 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 4 .....</i>	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<i>Graf 8 Vliv tlakové ztráty na stupni stlačení u vzorku 4 .....</i>	52
<i>Graf 9 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 5 .....</i>	52
<i>Graf 10 Vliv tlakové ztráty na stupni stlačení u vzorku 5 .....</i>	53
<i>Graf 11 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 6 .....</i>	53
<i>Graf 12 Vliv tlakové ztráty na stupni stlačení u vzorku 6 .....</i>	54
<i>Graf 13 Závislost tlakové ztráty na tloušťce u vzorku 7 .....</i>	54
<i>Graf 14 Vliv tlakové ztráty na stupni stlačení u vzorku 7 .....</i>	55

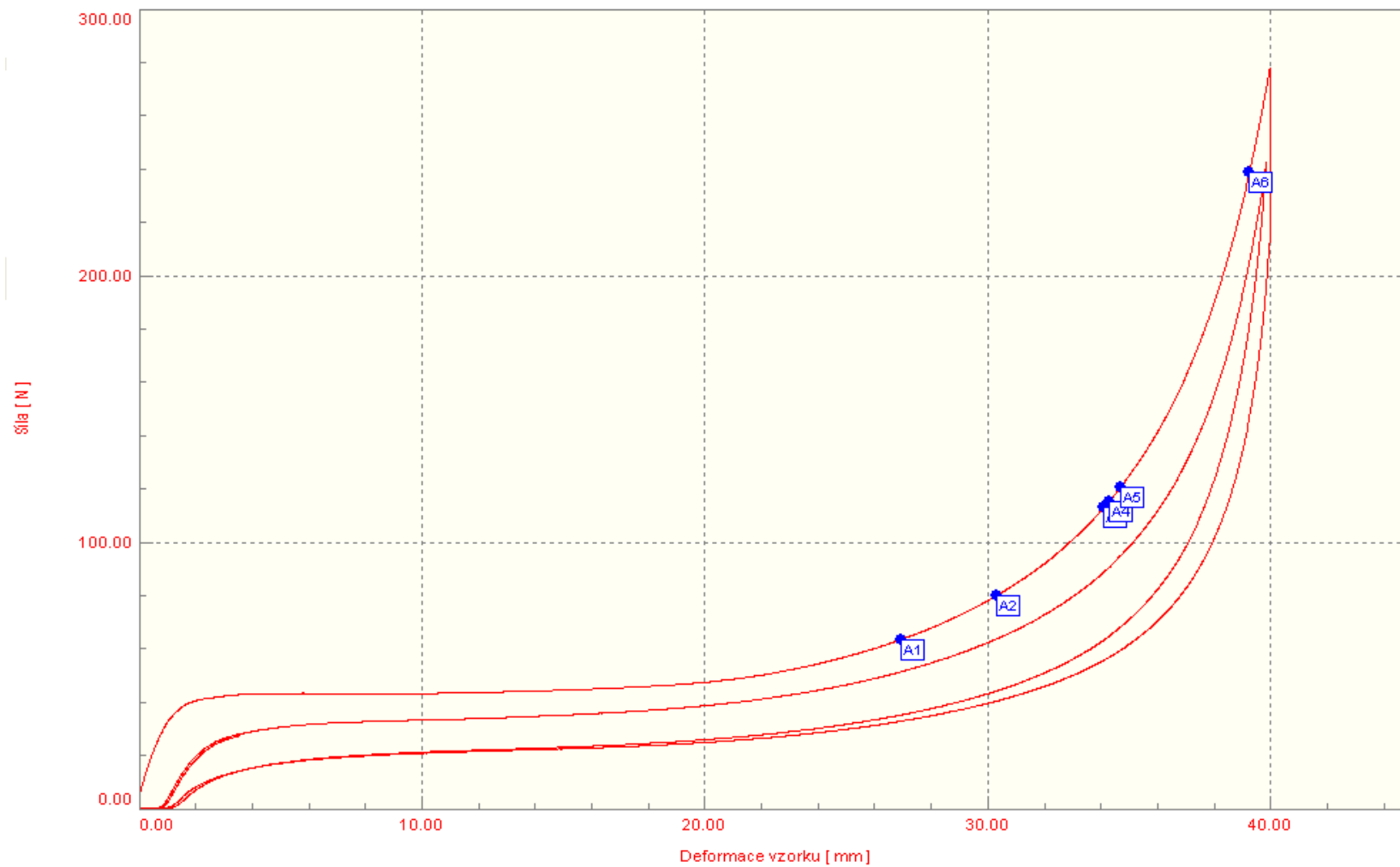


## **Příloha 1 – Hysterezní křivky z dynamometru**

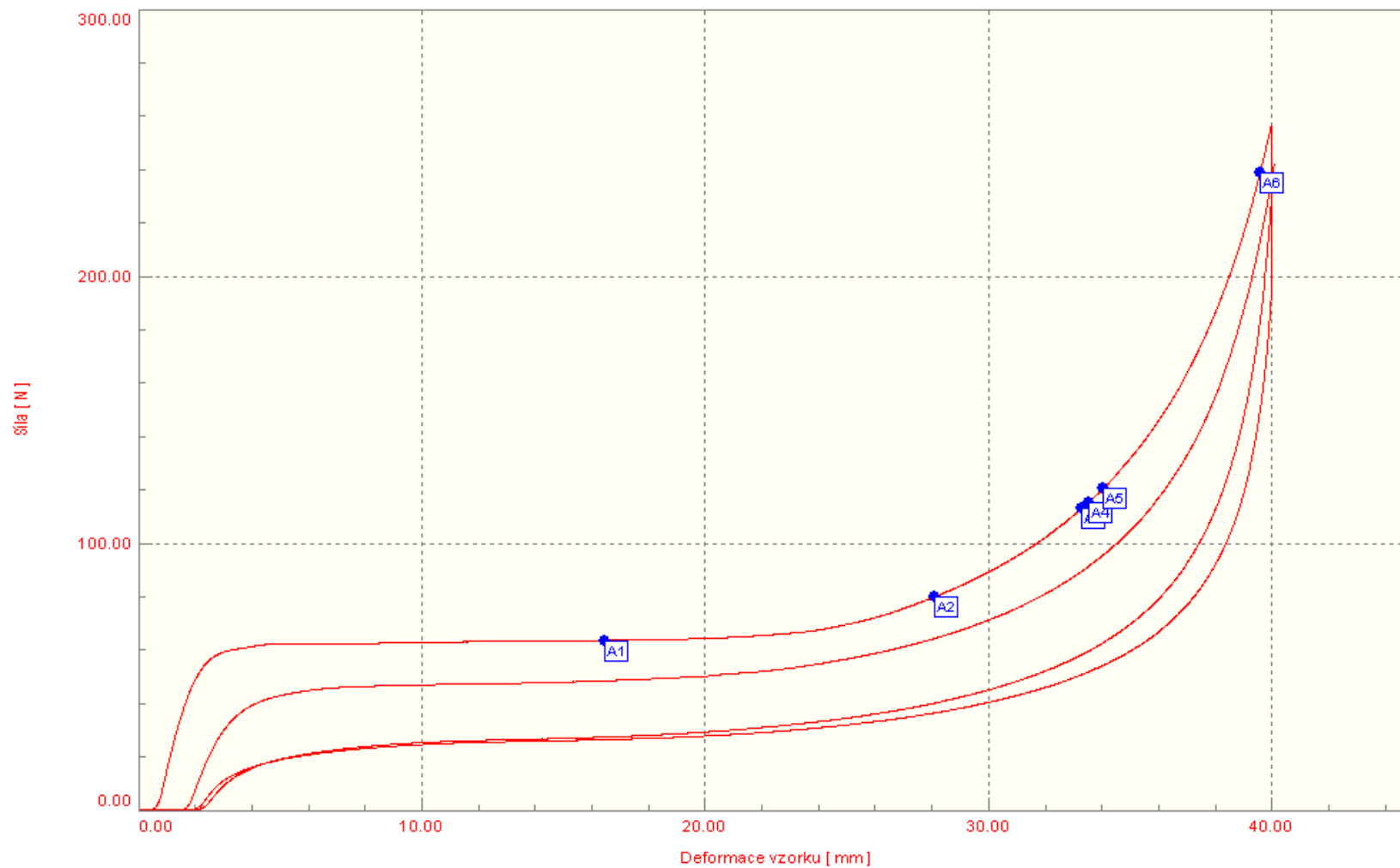
Hysterezní křivka - vzorek č. 1



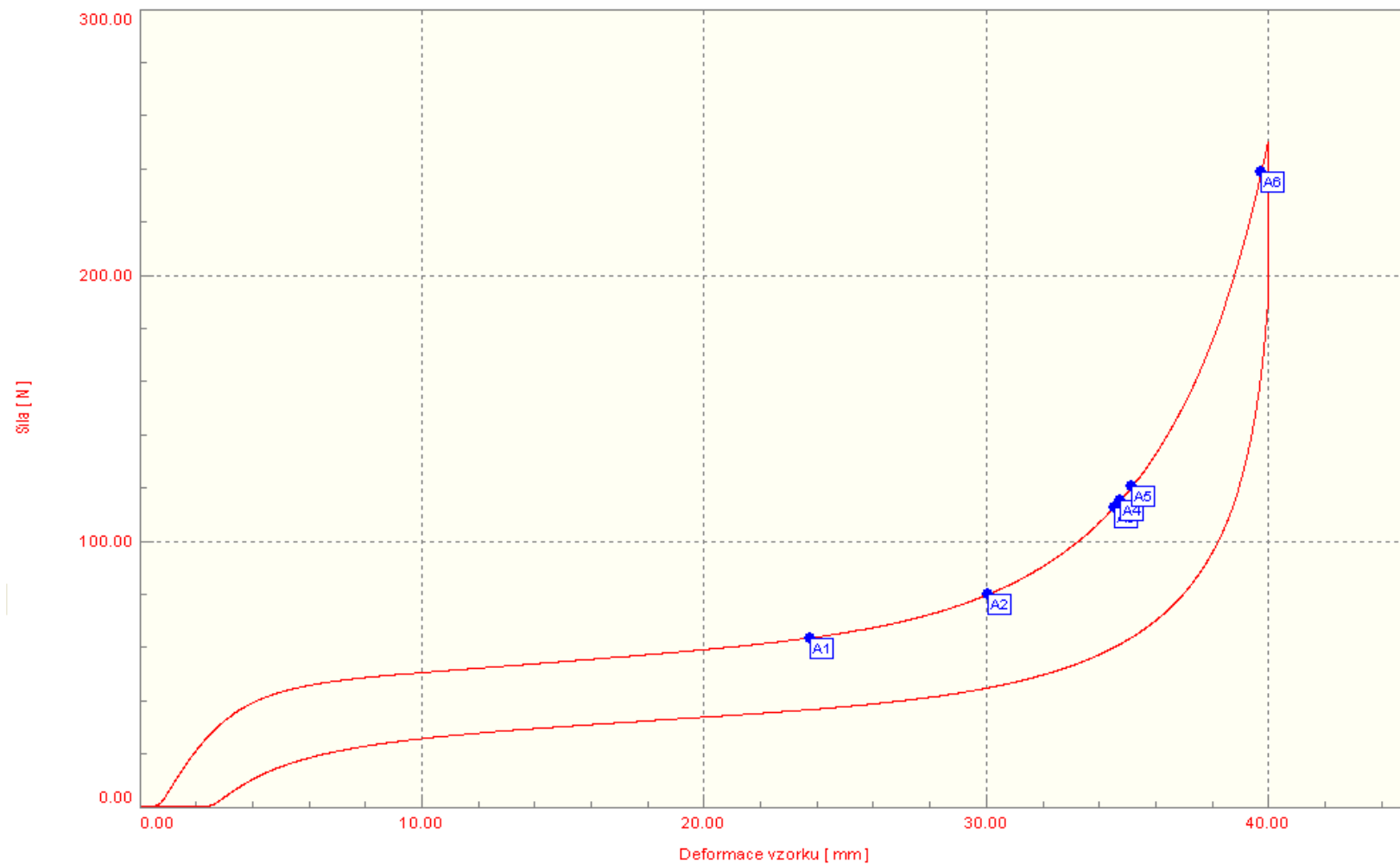
Hysterezní křivka - vzorek č. 2



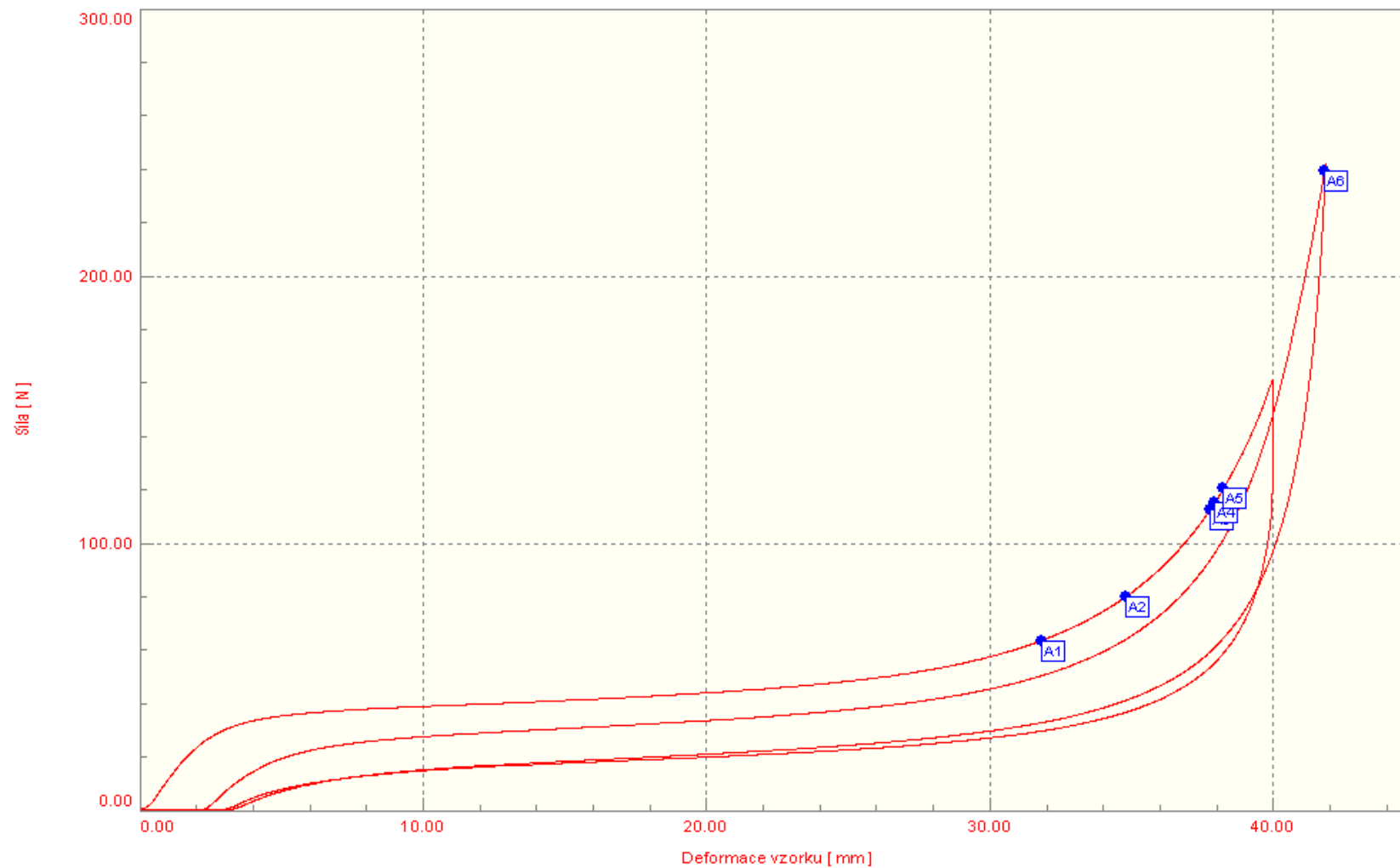
Hysterezní křivka - vzorek č. 3



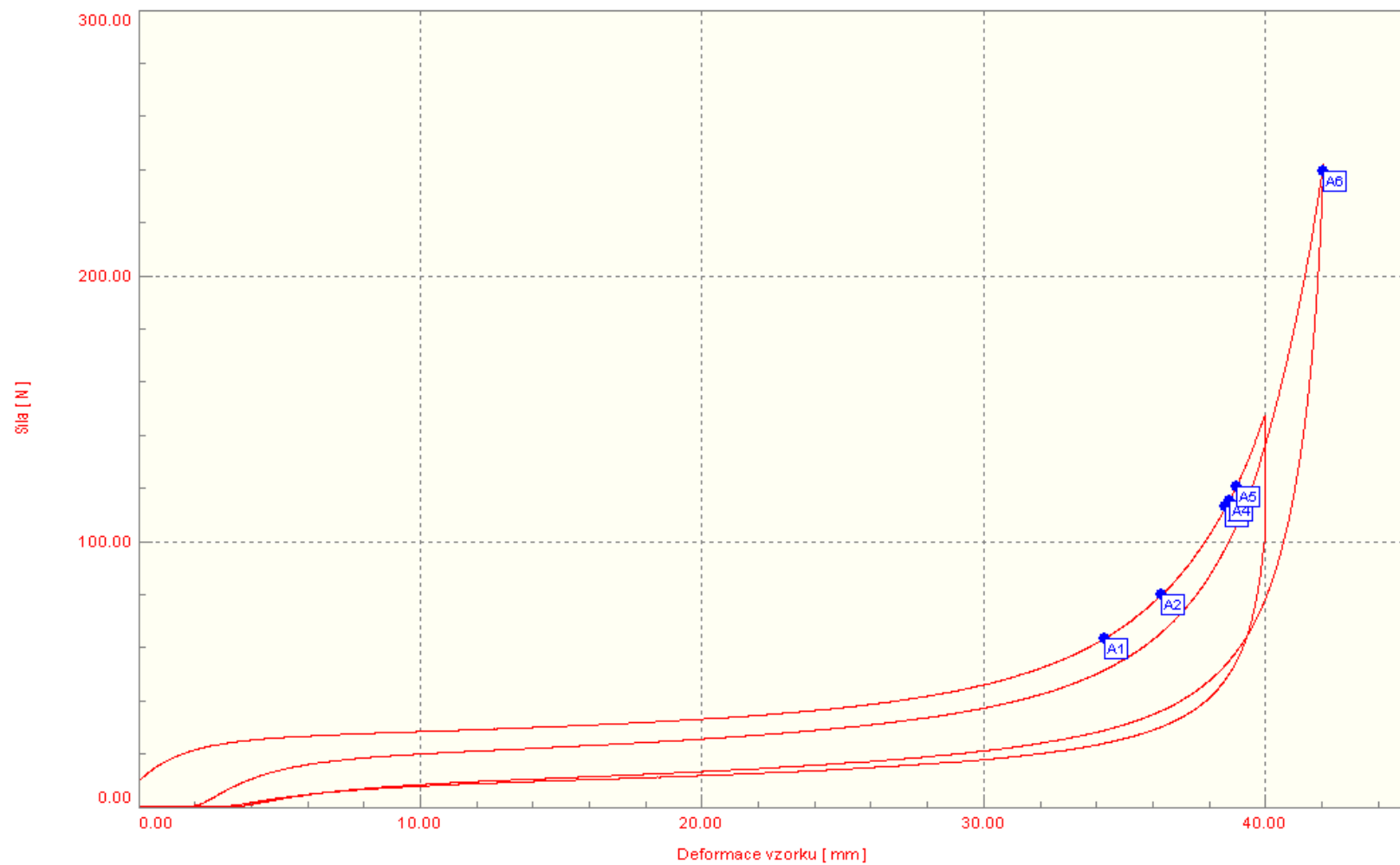
Hysterezní křivka - vzorek č. 4



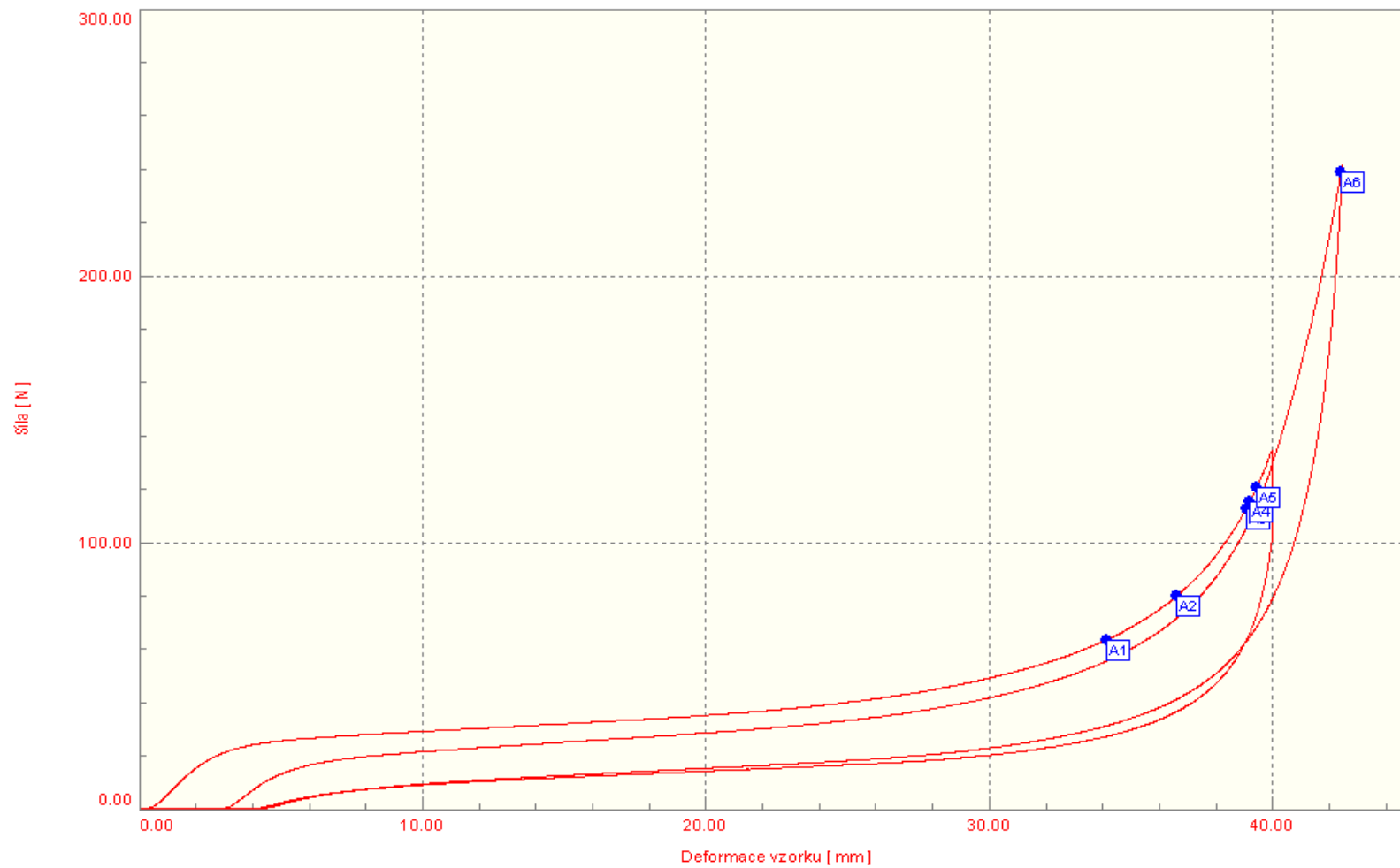
Hysterezní křivka - vzorek č. 5



Hysterezní křivka - vzorek č. 6

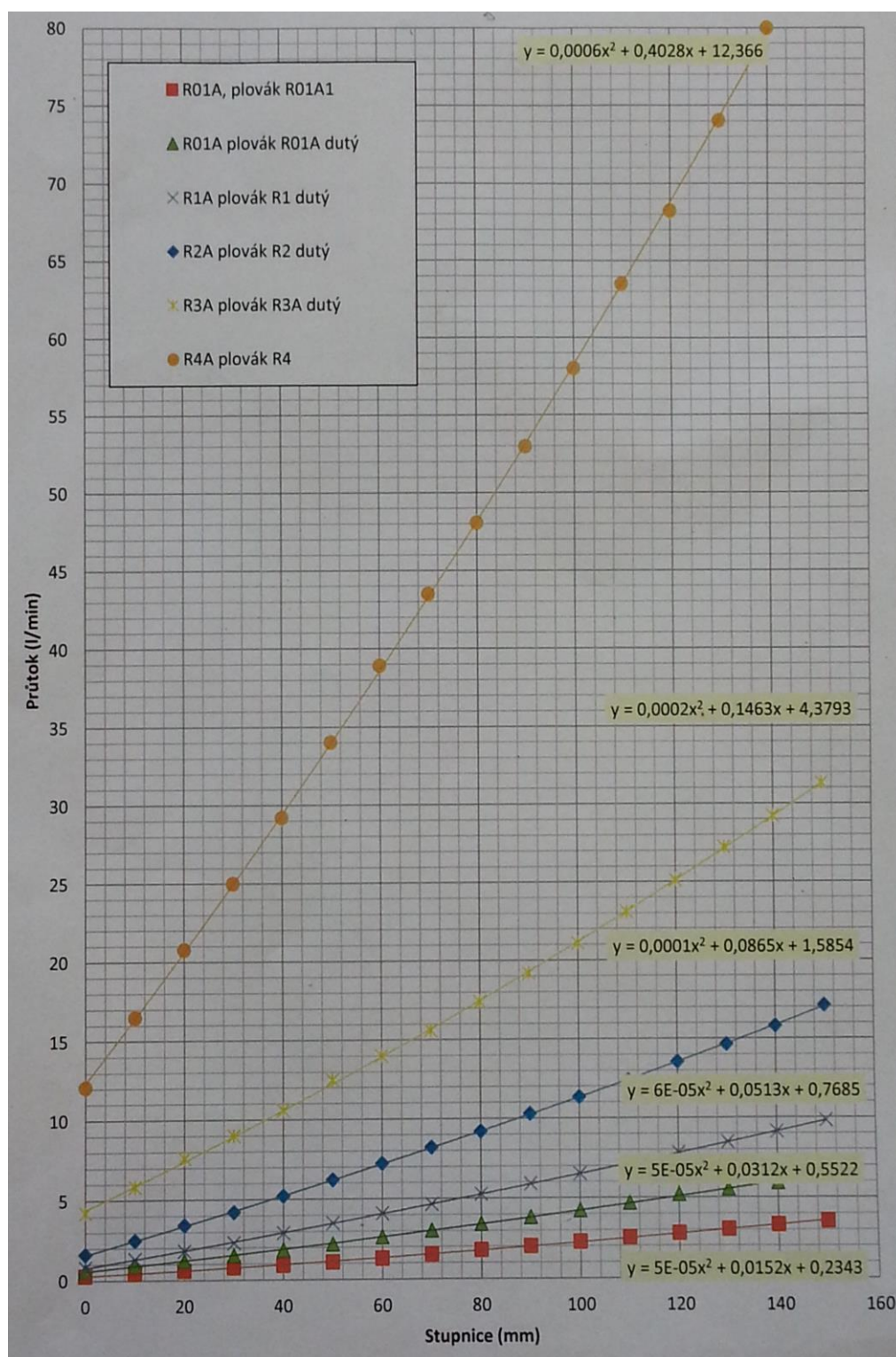


Hysterezní křivka - vzorek č. 7





## Příloha 2 – Kalibrace univerzálního průtokoměru pro vzduch



Pro experiment byla použita kalibrační křivka s označením R3A plovák R3A dutý.